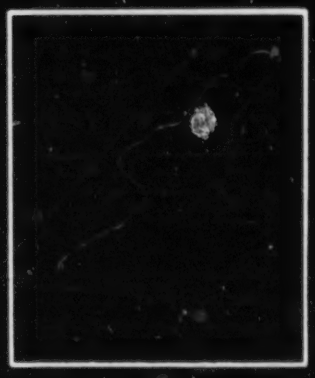
Commission geologique du Canada
Geological Survey of Canada



TYPES DE GISEMENTS MINERAUX DU CANADA: UN BREF EXPOSE GEOLOGIQUE

RAPPORT DE GEOLOGIE ECONOMIQUE 31

Canada

86-05868/

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
RAPPORT DE GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE 36

TYPES DE GISEMENTS MINÉRAUX DU CANADA: UN BREF EXPOSÉ GÉOLOGIQUE

Sous la direction de
O.R. ECKSTRAND

1986

© Le ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986
En vente au Canada par l'entremise de nos agents
libraires agréés (voir liste) et autres librairies
ou par la poste au :

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa K1A 0S9

et aux bureaux de la Commission géologique du Canada :

601, rue Booth
Ottawa, Canada K1A 0E8

3303–33e rue NW
Calgary, Alberta T2L 2A7

100 West Pender Street
Vancouver, Colombie-Britannique V6B 1R8
(principalement C.-B. et Yukon)

Un exemplaire de cette publication est aussi disponible à
titre de référence dans les bibliothèques publiques de
tout le Canada

N° de catalogue M43-36/1984 Canada : 8,00 $
ISBN 0-660-12089-5 Autres pays : 9,60 $

Prix sujet à changement sans avis préalable

Also available in English.

PHOTOGRAPHIES EN COUVERTURE

Les photographies en couverture représentent des minerais fournissant six des dix produits minéraux les plus importants actuellement extraits au Canada (cuivre, or, minerai de fer, zinc, argent, amiante).

En haut, de gauche à droite

Minerai de fer à magnétite et jaspe, mine Sherman, Témagami, Ontario. Type de gisement minéral 2.3.

(Le champ visuel est d'environ 18 cm)

Minerai sulfuré massif de la mine de cuivre et zinc de Millenbach, principalement constitué de chalcopyrite, avec des bandes de pyrrhotine et des groupes de métacristaux de pyrite. Type de gisement minéral 9.1 (le spécimen a 12 cm de long).

Minerai d'amiante de la mine Normandie, Mines Thetford, au Québec; avec veines de 2 à 4 mm, de large composées d'amiante chrysotile à fibres transversales dans de la péridotite serpentinisée. Type de gisement minéral 26 (le spécimen a 10,5 cm de long)

Au bas de la couverture

Or natif et sphalérite dans du quartz filonien de la mine Pamour n° 1, Timmins, Ontario. Type de gisement minéral 11. (Le spécimen a 12 cm de long). Photographie aimablement transmise par le Musée royal de l'Ontario, spécimen ROM M41070.

TABLE DES MATIÈRES

1	Abstract/Résumé
1	Objectif et portée
1	Comment distinguer les types de gisements minéraux
2	Désignation des types de gisements minéraux
2	Classification des types de gisements minéraux
2	Format des descriptions des types de gisements
3	Remerciements
13	Résumés des types de gisements minéraux du Canada
69	Bibliographie sélectionnée
4	Tableau 1 Types de gisements minéraux du Canada
84	Annexe 1 : Situation des gisements minéraux canadiens cités dans la section "Résumés"

LISTE DES TYPES DE GISEMENTS MINÉRAUX ET DES AUTEURS

Page	Types de gisements	Auteurs
13	**1. ÉVAPORITES ET SAUMURES**	R.V. Kirkham
16	**2. STRATES SÉDIMENTAIRES RICHES EN FER**	G.A. Gross
16	**2.1 Quartzites rubanés ferrifères**	
17	**2.2 Formations ferrifères (type du lac Supérieur)**	
19	**2.3 Formations ferrifères (type d'Algoma)**	
20	**3. FORMATIONS FERRIFÈRES ENRICHES**	G.A. Gross
21	**4. GISEMENTS STRATIFORMES DE PHOSPHATES (PHOSPHORITES)**	R.L. Christie
22	**5. PLACERS AURIFÈRES, URANIFÈRES**	
22	**5.1 Placers pyriteux anciens, aurifères et uranifères**	S.M. Roscoe
23	**5.2 Placers aurifères**	C.R. McLeod
25	**6. GISEMENTS STRATOÏDES DE PLOMB, ZINC, CUIVRE ET URANIUM**	
25	**6.1 Gisements de plomb et zinc de type de la vallée du Mississipi**	D.F. Sangster
26	**6.2 Gisements de plomb dans des grès**	D.F. Sangster
27	**6.3 Gisements sédimentaires de cuivre**	R.V. Kirkham
28	**6.4 Gisements d'uranium dans des grès**	V. Ruzicka, R.T. Bell
29	**7. GISEMENTS D'OR DANS DES SÉDIMENTS D'ORIGINE CHIMIQUE**	R.I. Thorpe, J.M. Franklin
30	**8. GISEMENTS D'OR DANS DES SÉDIMENTS D'ORIGINE CLASTIQUE**	R.I. Thorpe
30	**8.1 Gisements d'or dans des argilites carbonées et dans des carbonates (type de Carlin)**	
31	**8.2 Gisements d'or dans des zones de cisaillement et filons à l'intérieur de turbidites**	
33	**9. GISEMENTS STRATIFORMES DE BARYTINE ET SULFURES**	
33	**9.1 Gisements de sulfures massifs associés à des roches volcaniques**	J.M. Franklin, J.W. Lydon, D.F. Sangster
35	**9.2 Gisements sédimentaires de sulfures**	J.W. Lydon, D.F. Sangster
36	**9.3 Gisements sédimentaires de barytine**	J.W. Lydon, K.R. Dawson
37	**10. GISEMENTS DE CUIVRE DANS DES RED BEDS D'ORIGINE VOLCANIQUE**	R.V. Kirkham
38	**11. GISEMENTS D'OR DANS DES ZONES DE CISAILLEMENT ET FILONS ASSOCIÉS À DES ROCHES VOLCANIQUES**	R.I. Thorpe, J.M. Franklin
39	**12. GISEMENTS MAGMATIQUES DE NICKEL, CUIVRE ET ÉLÉMENTS DU GROUPE DU PLATINE**	O.R. Eckstrand
39	**12.1 Gisements de cuivre et nickel associés à des roches ultramafiques**	
41	**12.2 Gisements de nickel, cuivre et éléments du groupe du platine, associés à des roches gabbroïdes**	
43	**13. GISEMENTS DE CHROMITE DANS DES ROCHES MAFIQUES ET ULTRAMAFIQUES**	J.M. Duke
43	**13.1 Gisements stratiformes**	
45	**13.2 Gisements en colonnes ou lentilles allongées**	
46	**14. GISEMENTS DE FER ET TITANE DANS DES INTRUSIONS MAFIQUES**	G.A. Gross, E.R. Rose
47	**15. GISEMENTS D'OR ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS**	R.I. Thorpe, J.M. Franklin
48	**16. GISEMENTS DANS DES CARBONATITES**	K.R. Dawson, K.L. Currie
51	**17. GISEMENTS PORPHYRIQUES DE CUIVRE, MOLYBDÈNE ET TUNGSTÈNE**	R.V. Kirkham, W.D. Sinclair
53	**18. GISEMENTS D'ÉTAIN DANS DES FILONS ET STOCKWERKS**	W.D. Sinclair, R.V. Kirkham
55	**19. GISEMENTS DANS DES SKARNS**	
55	**19.1 Gisements de Tungstène dans des skarns**	K.M. Dawson
56	**19.2 Gisements de zinc plomb et argent dans des skarns**	K.M. Dawson, D.F. Sangster
57	**19.3 Gisements de fer dans des skarns**	G.A. Gross
58	**19.4 Gisements de cuivre dans des skarns**	R.V. Kirkham, W.D. Sinclair
59	**20. GNEISS ALCALINS À NÉPHÉLINE ET CORINDON**	L. Moyd
61	**21. GISEMENTS D'URANIUM ASSOCIÉS À UNE DISCORDANCE**	L.P. Tremblay, V. Ruzicka
63	**22. GISEMENTS D'ARGENT ET D'URANIUM DANS DES FILONS D'ARSÉNIURES**	R.I. Thorpe
64	**23. FILONS URANIFÈRES**	L.P. Tremblay, V. Ruzicka
65	**24. FILONS CUPRIFÈRES**	R.V. Kirkham
66	**25. FILONS D'ARGENT, PLOMB ET ZINC ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS FELSIQUES**	D.F. Sangster
67	**26. GISEMENTS D'AMIANTE DANS DES ROCHES ULTRAMAFIQUES**	J.M. Duke

TYPES DE GISEMENTS MINÉRAUX DU CANADA : UN BREF EXPOSÉ GÉOLOGIQUE

Résumé

Le présent ouvrage offre une présentation systématique des résumés des principales caractéristiques géologiques de 40 types de gisements minéraux du Canada. Environ la moitié de ces gisements types représentent d'ailleurs la majorité de la production canadienne de métaux et de minéraux industriels. La définition d'un type de gisement minéral se fonde sur l'identification d'un groupe de gisements dont les caractéristiques géologiques s'apparentent au point où elles semblent indiquer une origine commune, peu importe qu'il s'agisse ou non d'une origine bien connue. Les résumés indiquent les produits contenus et le nom de gisements modèles, et donnent un aperçu de l'importance économique, des dimensions caractéristiques et de la qualité des corps minéralisés, du cadre géologique, des roches minéralisées, des roches connexes, de la forme et de la répartition des zones minéralisées, des minéraux présents, de leur âge, des modèles liés à la genèse et des guides conçus aux fins d'exploration. La bibliographie sert d'introduction à des ouvrages utiles.

Abstract

Summaries of the main geological characteristics of 40 Canadian mineral deposit types are presented in a systematic format. About one half of these deposit types account for the bulk of Canadian metal and industrial mineral production. The definition of a mineral deposit type is based on recognition of a group of deposits whose geological features are sufficiently similar that they suggest a common genesis, whether or bnot the genesis is well understood. The summaries list contained commodities and names of example deposits, and outline economic significance, typical size and grade of orebodies, geological setting, host rocks, associated rocks, form and distribution of mineralization, minerals present, age, genetic models, and guides to exploration. A selected bibliography provides an introduction to the relevant literature.

Objectif et portée

Dans le présent rapport, on se propose de définir et de caractériser sous forme sommaire les plus importants types de gisements minéraux du Canada. La série de résumés que l'on a préparée représente un exposé succinct des types de minéraux du Canada.

L'identification de "types" de gisements minéraux est un procédé largement adopté par les spécialistes en géologie économique, à la fois pour la prospection minérale et la recherche sur la genèse des minerais. Pour la prospection, les géologues fondent leurs programmes d'exploration sur les caractéristiques du *type* particulier de gisement minéral qu'ils espèrent découvrir. Les géologues chargés de la recherche sur les gisements minéraux tendent à considérer les caractéristiques connues d'un type de gisement donné comme un regroupement des détails essentiels que toute hypothèse génétique doit expliquer. Par conséquent, la notion de type de gisement minéral est d'une importance considérable pour les spécialistes en géologie économique.

Les géologues économistes de la Commission géologique du Canada ont préparé cette synthèse, dans le cadre des études qu'ils poursuivent continuellement sur les gisements minéraux du Canada. Cette synthèse peut être utile aux géologues et à d'autres personnes travaillant dans les mines et l'industrie minière au Canada, étant donné qu'elle reflète notre compréhension globale actuelle des gisements minéraux du Canada, et que les définitions des types de gisements correspondent étroitement à celles employées communément.

Le présent rapport traite seulement des types de gisements minéraux contenant des métaux et certains minéraux d'intérêt industriel, non des gisements de combustibles fossiles. On n'étudie que les types de gisements ayant une importance pour le Canada. Pour qu'un type de gisement soit inclus, il faut qu'il représente au moins une proportion modeste ou significative, actuellement ou autrefois, de la production ou des réserves canadiennes, ou qu'il représente des manifestations minérales offrant des perspectives intéressantes du point du vue de la découverte de gisements significatifs au Canada. Ces directives visiblement flexibles nous ont amenés à faire des choix arbitraires des types de gisements à inclure dans le rapport.

Certains types de gisements ont été exclus, principalement pour une ou plusieurs des raisons suivantes :

1. des incertitudes sur les affinités de plusieurs gisements (parfois, à cause des effets d'un métamorphisme ou de déformations surimposés, ou des deux).
2. leur importance économique minime pour le Canada; et
3. l'absence d'information accessible.

Ce bref exposé ne constitue pas une vraie classification des gisements minéraux. Toute classification exige que les gisements soient traités dans leur totalité donc que chaque gisement connu soit placé dans une catégorie appropriée; il faut aussi que l'on ait systématiquement appliqué certains principes pour établir cette classification. Toutefois, l'exposé ne satisfait à aucun de ces deux critères; il est simplement une énumération de types de gisements plus ou moins distincts les uns des autres, chaque type représentant des gisements de caractères nettement similaires. Il serait plus correct de considérer cet exposé comme une base potentielle de classification des gisements minéraux.

Le rapport présente :

1. une liste des principaux types de gisements minéraux au Canada.
2. un résumé très condensé des caractéristiques géologiques et économiques et de l'interprétation génétique de chaque type de gisement minéral, et des guides de l'exploration de ces gisement;
3. une bibliographie sélectionnée relative à chaque type; et
4. des photographies illustrant des détails caractérisant certains types de gisements.

Comment distinguer les types de gisements minéraux

Aux fins de ce rapport, on définit tout type de gisement minéral comme une image composite hypothétique des caractéristiques géologiques communes à un groupe de gisements minéraux similaires. Il est évident que ces gisements, en raison de leurs similarités, ont sans doute eu un mode commun de genèse, qui n'est pas toujours bien compris.

La meilleure façon d'identifier un gîte minéral est de noter que plusieurs gisements montrent des caractéristiques semblables, telles

que la nature de la roche favorable, celle des produits exploitables, leur milieu de formation géologique, leur configuration et leur minéralogie. Un grand nombre des types de gisements minéraux cités dans cet ouvrage sont identifiés depuis longtemps; par exemple, les filons aurifères et cuprifères et les gisements sédimentaires ferrifères du type des quartzites rubanés. D'autres, comme les gisements cuprifères dans des lits rouges (redbeds) volcaniques, n'avaient pas auparavant été reconnus comme des types de gisements.

L'identification des divers types de gisements minéraux évolue continuellement, grâce à la découverte et à l'étude de nouveaux gisements, et aux progrès accomplis dans les méthodes d'étude des processus de minéralisation et des paléoenvironnements qui ont créé les gisements minéraux. Une conséquence naturelle de cette évolution est l'identification de relations hiérarchiques parmi les types de gisements. Par exemple, certains types de gisements sont plutôt considérés comme des variantes ou sous-types d'un type unique, plutôt que des types distincts : citons les placers aurifères du Klondike et les anciens placers uranifères d'Elliot Lake. Dans ce bref exposé, on a employé trois niveaux hiérarchiques, mais parfois le choix du niveau paraît plutôt arbitraire et pourrait être modifié.

Il nous est d'autant plus difficile d'élaborer une classification uniforme des types de gisements, que nous connaissons imparfaitement certains gîtes minéraux. Par exemple, les nombreuses études sur les gîtes de sulfures massifs associés à des roches volcaniques, les gîtes porphyriques cuprifères et les gîtes nickélifères associés à des roches ultramafiques, nous ont permis de comprendre un peu mieux la genèse de ces gîtes, et de formuler une définition relativement claire de leurs types et sous-types. De nombreux autres gisements (par exemple, des filons minéralisés en divers produits) n'ont pas été étudiés en détail, et l'identification de leurs types est naturellement vague. Il est donc probable que l'on a donc défini de façon trop restrictive ou trop large certains types de gîtes minéraux.

Le format condensé de cette synopsis ne nous permet pas d'établir les relations entre les divers types de gisements. Pour cette raison, et d'autres facteurs mentionnés plus haut, on doit considérer cette synopsis comme une définition préliminaire et provisoire des types de gisements.

Désignation des types de gisements minéraux

Dans le schéma adopté pour désigner les types de gisements, on a employé une combinaison des termes traditionnels et de termes nouvellement proposés. Les termes traditionnels comme "placers aurifères" et gisements de plomb et zinc du type de la vallée du Mississipi ont été conservés. Les nouveaux termes ont été conçus de façon à être explicatifs, et dans la plupart des cas comportent deux parties. La première désigne les caractéristiques géologiques les plus remarquables du type de gisement, c'est-à-dire dans de nombreux cas le caractère de la roche minéralisée ou de la roche associée. Ainsi, le terme de "contenu dans un grès" désigne un type de gisement existant *à l'intérieur* d'un grès, et "associé à une intrusion" désigne *un type de gisement situé dans des intrusions ou à proximité de celles-ci*. Les termes "contenu dans" et "associé" servent uniquement à indiquer une relation spatiale entre la roche et le minerai, même si parfois on sous-entend aussi une relation génétique. La seconde partie de la désignation identifie généralement les principaux produits que contient le type de gisement. Ce système de nomenclature en deux parties donne parfois lieu à des noms encombrants, mais qui paraissent justifiés, pour des raisons de clarté.

Classification des types de gisements minéraux

On a établi une liste approximative des types de gisements minéraux (voyez tableau 1), d'après le schéma suivant :

Affinité	Types de gisements minéraux
Sédimentaire	1 à 9
Volcanique	9 à 12
Intrusif	12 à 19
Hydrothermal-métasomatique	15 à 26
Structural	21 à 26 et les autres

Ce schéma n'est que l'un de tous ceux que l'on aurait pu utiliser. Le recouvrement partiel d'affinités adjacentes dans cette classification indique seulement quelques-uns des multiples rapports d'affinité que présentent certains types de gisements minéraux. Par exemple, dans la présente étude, les gisements uranifères contenus dans des grès (6,4) et les gisements associés à des discordances (21) sont présentés dans des classes d'affinités distinctes, apparemment interreliées; toutefois, certains géologues les considèrent comme génétiquement apparentés, et placeraient les deux types dans le même groupe. Par conséquent, en raison de sa nature subjective, on n'a pas utilisé le schéma ci-dessus de façon systématique dans le tableau 1 pour regrouper les types de gisements.

Format

Pour faciliter la description concise des types de gisements, on a employé dans le format adopté un ensemble de titres normalisés, et certaines conventions de présentation des données. Les titres sont disposés en groupes, conformément au schéma suivant :

But de l'information	Titre
Identification du type de gisement	– Désignation du type, du sous-type et du sous-type secondaire – Produits – Exemples
Caractéristiques économiques	– Importance – Teneur et tonnage typiques
Caractéristiques géologiques	– Cadre géologique – Roches favorables ou minéralisées – Roches associées – Configuration du gisement, distribution des minéraux exploitables – Minéraux – Âge, roches favorables – Âge, minerai
Interprétation, application	– Modèle génétique – Éléments déterminants de la minéralisation, guides de l'exploration

On présente une courte bibliographie sélectionnée relative à chaque type, à la fin du présent rapport.

Les commentaires suivants concernant chacun des titres décrivent la nature, l'objectif, l'organisation et les limites de l'information contenue.

Désignation du type, du sous-type, et des sous-types secondaires de gisements : chaque type (p.ex. 5) ou à chaque sous-type de gisement (p.ex. 5.1) est consacré un résumé distinct (d'environ une page). Les sous-types secondaires (p.ex 5.1.a, 5.1.b) sont traités comme des variantes du type ou du sous-type, et sont seulement indiqués au-dessous des titres par rapport auxquels ils présentent des caractéristiques distinctives. En ce qui concerne les désignations, les produits liés par des traits d'union (par exemple plomb-zinc du type de la vallée du Mississippi) apparaissent toujours ensemble; ceux séparés par des virgules (par exemples placer uranifère, aurifère) n'existent pas simultanément dans tous les gisements.

Produits : les produits énumérés en tête de liste constituent les principaux produits extraits dans un ou plusieurs gisements du type en question. Cependant, tous les produits ainsi énumérés ne sont pas nécessairement exploités dans tous les gisements de ce type. Les produits indiqués entre parenthèses comprennent les sous-produits et éléments chimiques qui tendent à être caractéristiques ou diagnostiques du type de gisement considéré.

Exemples : les auteurs ont une latitude considérable dans leur choix d'exemples, et le traitement de ceux-ci est donc variable. Certains auteurs n'ont énuméré que quelques-uns des exemples les plus concluants, tandis que d'autres en ont fourni des listes détaillées. Certains ont limité leur choix à des exemples canadiens, d'autres ont mentionné de nombreux exemples étrangers, généralement classiques, surtout lorsque les exemples canadiens concluants étaient rares.

Importance : cette section donne quelques indications sur l'importance économique du type de gisement considéré dans un contexte canadien ou global, ou dans les deux. Toute indication peut être donnée en fonction de la production passée ou actuelle, ou en fonction des réserves, ou bien encore du potentiel prévu.

Teneur et tonnage typiques : dans cette section, on cherche à évaluer la teneur et la dimension typiques des gisements du type étudié. Si possible, on indique la teneur et le tonnage des corps minéralisés individuels, mais parfois les données disponibles sur les gisements s'appliquent aussi à un nombre non spécifié de corps minéralisés. Dans d'autres cas, on ne peut facilement subdiviser les zones minéralisées en corps minéralisés distincts, car il existe un lien entre ces zones; d'autre part, il est difficile de donner d'emblée des estimations de leurs dimensions; les chiffres cités peuvent alors s'appliquer à des mines ou à des districts miniers entiers, comme le précisent les descriptions individuelles.

Cadre géologique : dans ce paragraphe, on indique grosso modo le cadre géologique des roches dans lesquelles se situent la plupart des gisements. Toutefois, il peut arriver que le cadre général soit mal connu, et la description donnée convient alors à un cadre plus restreint.

Roches favorables ou minéralisées : on précise ici le caractère lithologique du minerai. Il peut s'agir de la roche favorable, lorsque les produits de minéralisation sont dispersés à travers la roche, ou de la roche minéralisée, lorsque ces produits constituent une vaste portion de la roche (par exemple, les lits de sel et de gypse, les formations ferrifères).

Roches associées : dans ce paragraphe, on précise le caractère lithologique des roches qui englobent et jouxtent les roches favorables ou les roches minéralisées ou se trouvent à leur voisinage, en particulier les roches qui manifestent une association génétique quelconque avec le gisement. Dans deux cas (gisements porphyriques de cuivre, molybdène, tungstène, et formation ferrugineuse à skarns), on a combiné ce paragraphe à celui consacré aux "roches favorables ou roches minéralisées", étant donné que le classement en roches favorables ou roches associées est plutôt arbitraire.

Configuration du gisement, distribution des minéraux exploitables : dans ce paragraphe, on décrit la configuration géométrique typique des corps minéralisés, et la relation physique et structurale de ceux-ci avec les roches encaissantes et les roches associées, et la distribution des minéraux (par exemple, dissémination, filons, masses). On décrit aussi, lorsqu'elle existe, la zonation caractéristique des minéraux, et leur altération.

Minéraux : les principaux minéraux dont proviennent les principaux produits exploités sont énumérés en tête de liste. On cite les autres minéraux associés entre parenthèses, et l'on inclut les minéraux exploitables moins abondants et les minéraux de gangue typiques, en particulier ceux qui tendent à être diagnostiques du type de gisement.

Âge, roches favorables : l'âge des roches favorables est donné soit de façon générale, soit de façon individuelle pour des exemples spécifiques de gisements. On les précise sous forme de dates absolues, ou d'éons, ères ou périodes géologiques.

Âge, minerai : l'âge de mise en place est donné soit de la même façon que pour les roches favorables, soit plus souvent en fonction de l'âge des roches favorables ou d'un évènement tectonique survenu dans la région (par exemple, gisement pénécontemporain de la formation des roches sédimentaires favorables).

Modèle génétique : on a cherché à présenter objectivement les modèles actuellement acceptés, et à éviter les plus contestés. Toutefois, il ne fait aucun doute que certains auteurs ont tendance à choisir leurs théories préférées. Dans le cas des types de gîtes mal compris, les modèles suggérés tendent à être de type spéculatif ou vague, ou les deux à la fois.

Éléments déterminants de la minéralisation, guides de l'exploration : les guides géologiques de l'exploration sont basés à la fois sur des modèles génétiques et sur des relations géologiques observées de façon empirique. Ils sont principalement basés sur les détails qui peuvent être utiles pour la découverte de gisements, mais dans plusieurs cas, s'appuient sur des facteurs qui influencent la valeur économique des gisements; par exemple, le caractère propice, dans le cas des minerais de fer sédimentaires, de la répétition des lits par plissement ou par faillage. Les méthodes géophysiques ne sont mentionnées que dans quelques cas bien particuliers, par exemple l'identification des intrusions souterraines de carbonatite d'après les anomalies magnétiques distinctives de type annulaire qu'elles engendrent.

Auteurs : la plupart des auteurs sont membres de la Division de géologie économique à la Commission géologique du Canada. Les autres sont identifiés d'après leur affiliation à un organisme.

Bibliographie sélectionnée : à la fin de chaque publication, sont citées des références relatives à chaque type ou sous-type de gisement. Les références énumérées ne représentent qu'une introduction à la bibliographie connexe, et sont au nombre d'environ cinq pour chaque type ou sous-type. On a donné la priorité aux articles ou colloques récents qui traitaient d'une façon générale du type de gisement minéral étudié. Autrement, on a donné des références relatives à des descriptions d'exemples typiques de gisements.

Remerciements

De nombreux auteurs ont commenté de manière constructive des résumés relatifs aux types de gisements, autres que les leurs. Nous devons aussi tout particulièrement remercier R.V. Kirkham, S.M. Roscoe et R.I. Thorpe qui ont apporté leur contribution exceptionnelle en ce sens, et nous ont aidés à établir l'objectif et la structure de cet exposé. Finalement, nous exprimons personnellement nos remerciements à R.V. Kirkham pour ses encouragements enthousiastes et continuels et pour son appui, ainsi qu'à B. Williamson, pour le soin qu'il a apporté à la préparation du manuscrit et pour sa collaboration.

TABLEAU 1

TYPES DE GISEMENTS MINÉRAUX DU CANADA

1 **ÉVAPORITES ET SAUMURES**
- 1.a D'origine marine
- 2.b D'origine non marine

2 **STRATES SÉDIMENTAIRES FERRUGINEUSES**
- 2.1 **Quartzites rubanés ferrifères**
- * 2.2 **Formations ferrifères (type du lac Supérieur)**
- * 2.3 **Formations ferrifères (type d'Algoma)**

* 3 **FORMATIONS FERRIFÈRES ENRICHIES**

4 **GISEMENTS STRATIFORMES DE PHOSPHATES (PHOSPHORITES)**
- 4.a De miogéosynclinal
- 4.b De plate-forme

5 **PLACERS URANIFÈRES, AURIFÈRES**
- 5.1 **Placers pyriteux anciens, uranifères, aurifères**
- * 5.1.a Uranium
- 5.1.b Or
- * 5.2 **Placers aurifères**

6 **GISEMENTS STRATOÏDES SÉDIMENTAIRES DE PLOMB, ZINC, CUIVRE ET URANIUM**
- 6.1 **Gisements de plomb et de zinc du type de la vallée du Mississippi**
- 6.2 **Gisements de plomb dans des grès**
- 6.3 **Gisements sédimentaires de cuivre**
  - 6.3.a Gisements marins de type paralique (du type de Kupferschiefer)
  - 6.3.b Gisements de type cotinental (type des red beds)
- 6.4 **Gisements d'uranium dans des grès**

7 **GISEMENTS D'OR DANS DES SÉDIMENTS D'ORIGINE CHIMIQUE**
- 7.a Formations ferrifères à carbonates et oxydes
- 7.b Formations ferrifères à sulfarséniures et silicates
- 7.c Gisements pyriteux stratiformes
- 7.d Gisements dans des cherts et sulfures

8 **GISEMENTS D'OR DANS DES SÉDIMENTS CLASTIQUES**
- 8.1 **Gisements d'or dans des argiles litées carbonées des carbonates (type de Carlin)**
- 8.2 **Gisements d'or dans des filons et zones de cisaillement à l'intérieur de turbidites**

9 **GISEMENTS STRATIFORMES DE SULFURES ET BARYTINE**
- * 9.1 **Sulfures massifs associés à des roches volcaniques**
  - 9.1.a Cuivre–zinc
  - 9.1.b Zinc–plomb–cuivre
- * 9.2 **Gisements sédimentaires de sulfures**
- 9.3 **Gisements sédimentaires de barytine**

10 **GISEMENTS DE CUIVRE DANS DES RED BEDS D'ORIGINE VOLCANIQUE**

*11 **GISEMENTS D'OR DANS DES FILONS ET ZONES DE CISAILLEMENT ASSOCIÉS À DES ROCHES VOLCANIQUES**

12 **GISEMENTS MAGMATIQUES DE NICKEL, CUIVRE ET ÉLÉMENTS DU GROUPE DU PLATINE**
- 12.1 **Gisements de nickel–cuivre associés à des roches ultramafiques**
  - 12.1.a Gisements de nickel dans des péridotites d'origine volcanique
  - * 12.1.b Gisements de nickel dans des dunites d'origine intrusive
  - 12.1.c Gisements de nickel-cuivre dans des roches intrusives ultramafiques.
- 12.2 **Gisements de nickel, cuivre et éléments du groupe du platine, associés à des roches gabbroïdes**
  - * 12.2.a Gisements de nickel-cuivre dans des roches intrusives stratifiées
  - 12.2.b Gisements d'éléments du groupe du platine dans des roches intrusives stratifiées
  - 12.2.c Gisements de type stock.

13 **GISEMENTS MAFIQUES ET ULTRAMAFIQUES DE CHROMITE**
- 13.1 **Gisements stratiformes**
- 13.2 **Gisements en colonne**

14 **GISEMENTS DE TITANE-FER DANS DES INTRUSIONS MAFIQUES**
- * 14.a Gisements d'ilménite dans des anothosites
- 14.b Gisements de magnétite titanifère dans des roches gabbroïques et des anorthosites

15 **GISEMENTS D'OR ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS**
- 15.a Gisements felsiques subalcalins
- 15.b Gisements alcalins
- 15.c Gisements mafiques

16 **GISEMENTS DANS DES CARBONATITES**
- 16.a Carbonatities de type néphélinite
- 16.b Carbonatites ultramafiques

17 **GISEMENTS PORPHYRIQUES DE CUIVRE, MOLYBDÈNE ET TUNGSTÈNE**
- * 17.a Gisements de cuivre et molybdène, associés à des roches calco-alcalines
- * 17.b Gisements de cuivre associés à des roches alcalines
- * 17.c Gisements de molybdène et tungstène associés à des roches calco-alcalines.

18 **GISEMENTS D'ÉTAIN DE TYPE FILON ET STOCKWERK**

19 **GISEMENTS DANS DES SKARNS**
- * 19.1 **Gisements de tungstène de type skarn**
- 19.2 **Gisements de zinc–plomb–argent de type skarn**
- 19.3 **Gisements ferrifère de type skarn**
  - 19.3.a Gisements associés à une intrusion (métasomatisme de contact)
  - 19.3.b Gisements stratiformes dans des terrains métamorphiques
- * 19.4 **Gisements de cuivre de type skarn**

20 **GNEISS ALCALINS CONTENANT DE LA NÉPHÉLINE ET DU CORINDON**
- 20.a "Syénite à néphéline"
- 20.b Corindon
- 20.c Molybdène

*21 **GISEMENTS D'URANIUM ASSOCIÉS À DES DISCORDANCES**

*22 **GISEMENTS D'ARGENT ET D'URANIUM DANS DES FILONS ARSÉNIÉS**

23 **FILONS D'URANIUM**

24 **FILONS DE CUIVRE**

25 **FILONS D'ARGENT–PLOMB–ZINC ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS FELSIQUES**

*26 **GISEMENTS ULTRAMAFIQUES D'AMIANTE**

* Types de gisements ayant contribué de façon significative à la production minérale canadienne passée ou actuelle.

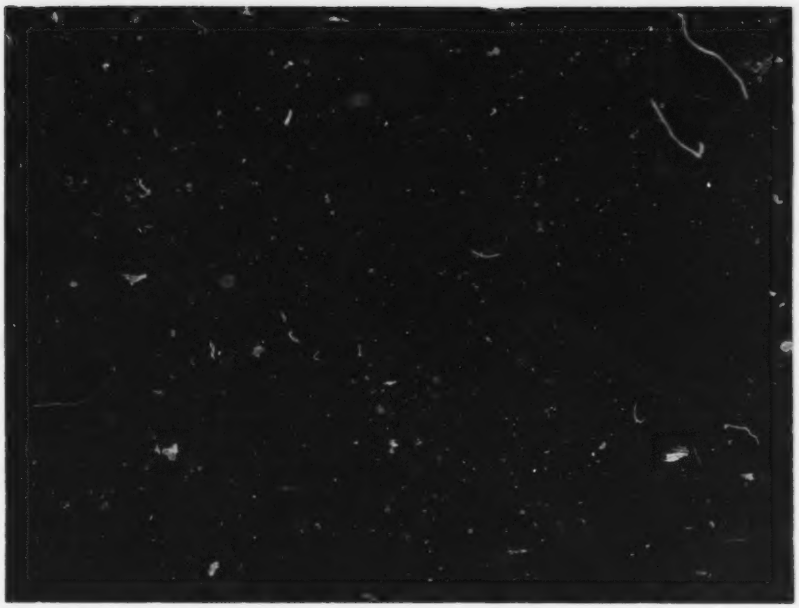


Planche 1. *2.2 Formation ferrifère (gisement du type du lac Supérieur) près de Schefferville, zone ferrifère du Québec et du Labrador. Faciés à jaspe hématite magnétite de la formation ferrifère, montrant une macrostratification sédimentaire typique, relativement mince, bien préservée. L'aimant à 3,5 cm. Photo : G.A. Gross.*

Planche 2. *6.1 Gisement de plombo-zincifère du type de la vallée du Mississippi. Pine Point, Territoires du Nord-Ouest. Sulfures à texture botryoïde typique. Sphalérite stratifiée (brun sombre et blanche) recouverte par de la galène à grain grossier (bleu acier). Les sulfures ont précipité dans une cavité, dont le commencement se trouve à gauche en bas; des couches successives ont progressivement occupé l'espace libre vers la droite; le dernier sulfure déposé était la galène. Photo : D.F. Sangster.*

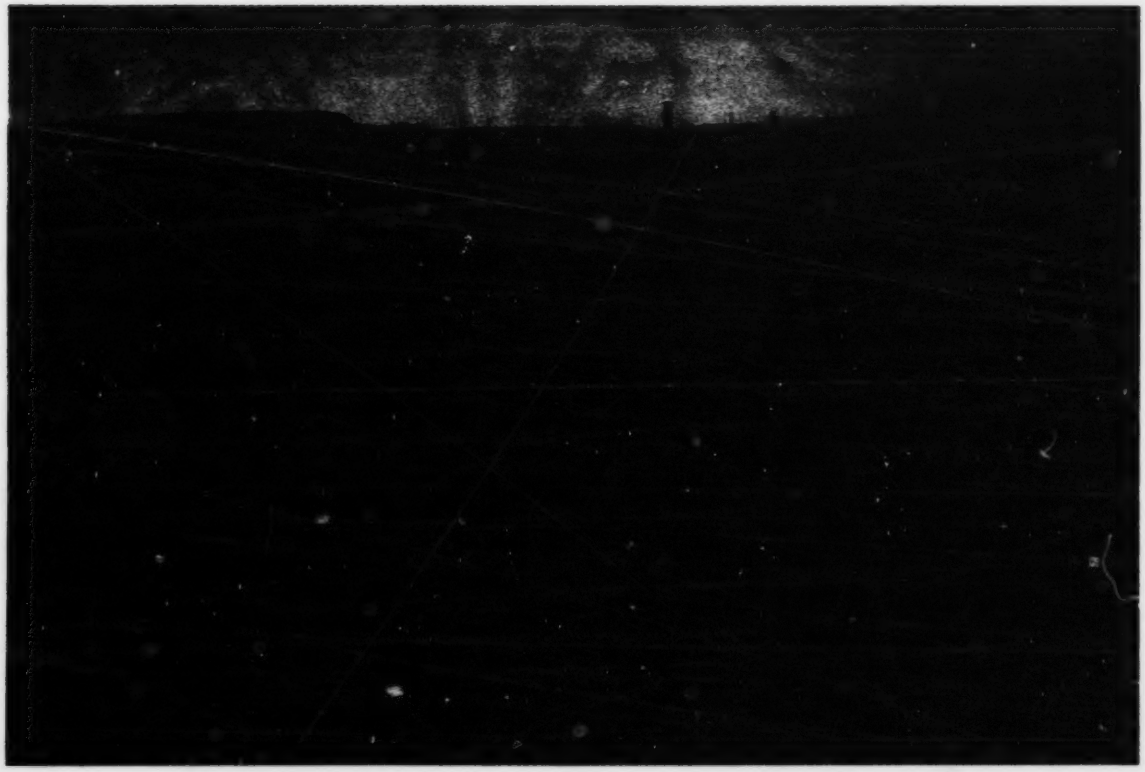


Planche 3. *Formation ferrifère enrichie 3. French mine, région de Schefferville au Québec. Types rouge(R), jaune(Y) et bleu(B) de minerai de fer composé d'hématite et de goethite, respectivement dérivés des faciès oxydés à ardoises, silicates-carbonates et jaspe des formations ferrifères du type du lac Supérieur. Notez la transition entre les ardoises ferrugineuses rouges lessivées(S) et le minerai de couleur rouge (hauteur du banc environ 10 mètres). Photo : G.A. Gross.*

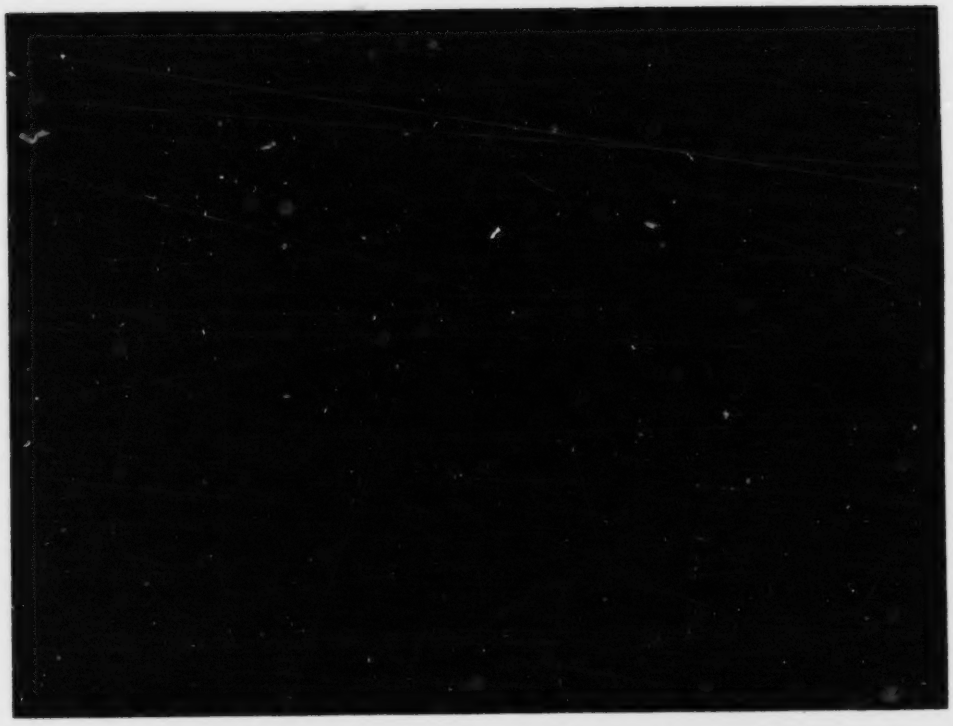


Planche 4. *5.1 Placer pyriteux ancien, uranifère, aurifère. Elliot Lake, Ontario. Conglomérat uranifère pyriteux à galets quartzeux provenant du filon aurifère AB de la mine Denison. Les minéraux uranisfères (principalement de l'uraninite et une phase titanifère–uranifère; voyez la planche 5) se trouvent dans la matrice, associés à la pyrite (blanche) et à d'autres minéraux lourds. Le champ visuel a 14 centimètres de large. Échantillon : V. Ruzicka.*

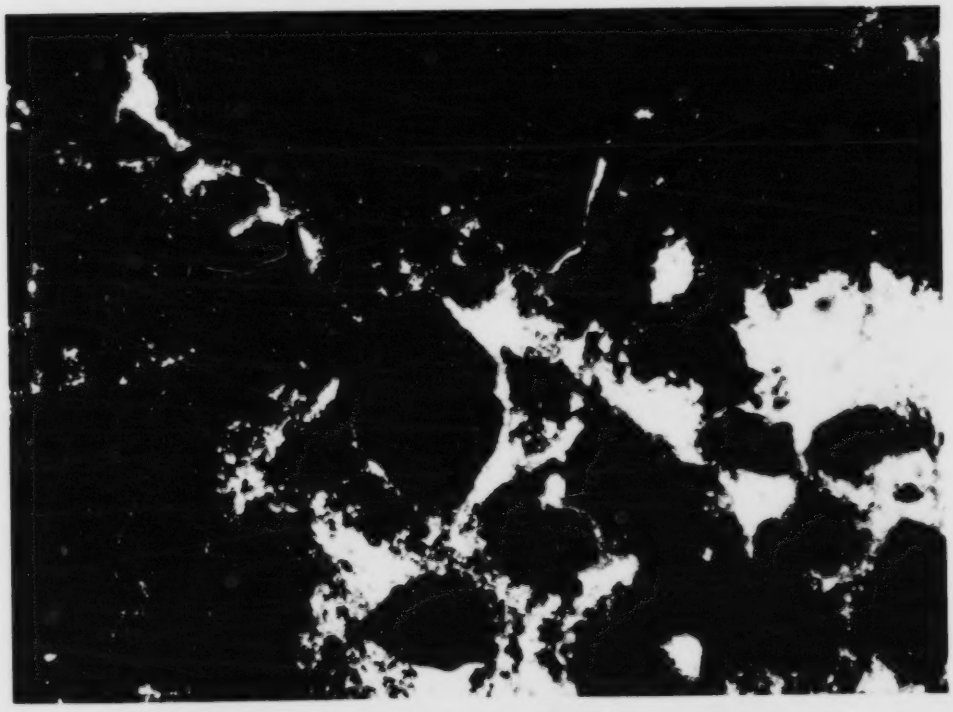


Planche 5. *5.1 Placer ancien pyriteux uranifère, aurifère. Elliot Lake, Ontario. Autoradiographie de l'échantillon présenté à la planche 4. Les zones blanches sont causées par le rayonnement qu'émettent les minéraux contenant de l'uranium et du thorium. La distribution des minéraux radioactifs et de la pyrite (cf. planche 4) est apparemment semblable, mais diffère dans les détails. L'autoradiographie a été communiquée par V. Ruzicka.*

Planche 6. *9.1 Sulfures massifs associés à des roches volcaniques. Mine du lac Dufault, Noranda, Québec. Minerai typique, bien stratifié, massif. Pyrite (jaune bronze terne), chalcopyrite (jaune vif), sphalérite (gris-bleu métallique sombre). Photo : R.V. Kirkham.*

Planche 7. *9.1 Sulfures massifs associés à des roches volcaniques. Gisement de MacLean, mine Buchans, Terre-Neuve. Minerai sulfuré clastique typique. Sphalérite (gris métallique sombre), galène (gris métallique clair), chalcopyrite (jaune vif), pyrite (jaune bronze terne). La plupart des clastes lithiques sont composés de roche volcanique altérée. L'échantillon a environ 15 centimètres de long. Photo : R.V. Kirkham.*

Planche 8. *9.1 Sulfures massifs associés à des roches volcaniques. Gisement de York Harbour, Terre-Neuve. Minerai clastique typique de sphalérite (grise)-chalcopyrite-pyrite massive. Notez le claste de chalcopyrite contournée et nettement laminée. Photo : R.V. Kirkham.*

Planche 9. *9.2 Sulfures dans une roche sédimentaire. Mine Sullivan, Kimberley, Colombie-Britannique. Sulfures stratifiés fortement contournés (pyrrhotine, sphalérite, galène) et sédiments volcanoclastiques, Main Band, gisement de Sullivan. Les couches de couleur claire sont des sédiments volcanoclastiques; les couches sombres sont des sulfures rendus sombres par l'oxydation; la tache de couleur argent, à gauche du marteau, représente des sulfures fraîchement exposés. Photo : D.F. Sangster.*

Planche 10. *9.3 Barytine dans des sédiments. Propriété de la TEA, région du col Macmillan, Yukon. Barytine (ba) et calcaire (ls) interstratifiés. Notez la structure interne finement laminée des lits de barytine et de calcaire. Le champ visuel a environ 80 cm de large. Photo : J.W. Lydon.*

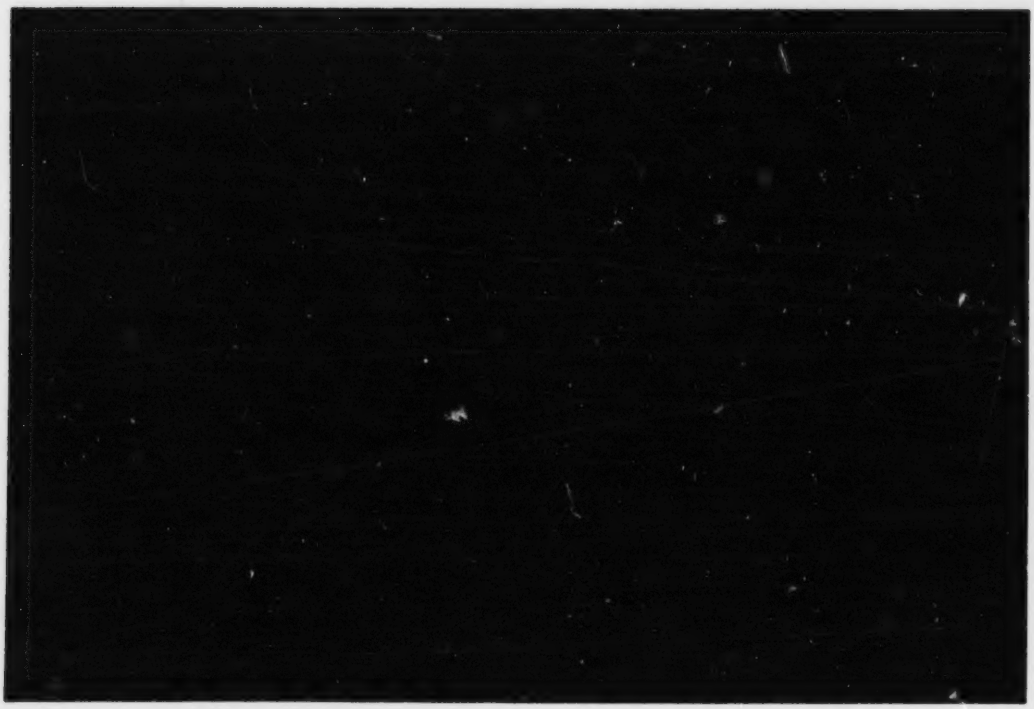


Planche 11. *10 Cuivre dans des red beds d'origine volcanique. Gisement de Sustut en Colombie-Britannique. Cuivre natif typique, finement disséminé (taches jaune vif) dans un tuf à lapilli de couleur rouge foncé, du Trias supérieur, dans le groupe de Takla. Le champ visuel a environ 3,5 cm de large. Photo : R.V. Kirkham.*

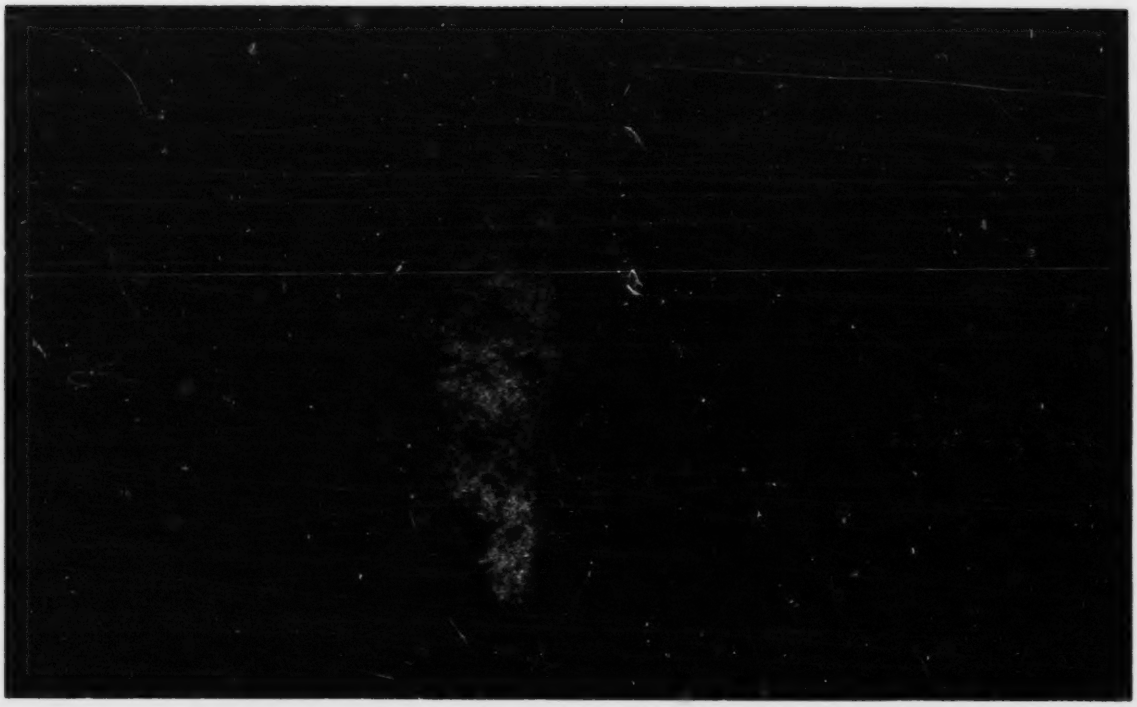


Planche 12. *14.b Fer et titanium dans une intrustion mafique. Chibougamau, Québec. Couches de magnétite–ilménite contenant du vanadium, interstratifiées avec des couches de métagabbro anorthositique et de métapyroxénite dans le complexe du lac Doré. Photo : O.R. Eckstrand.*

Planche 13. *19.4 Cuivre dans un skarn. Mine Craigmont, Colombie-Britannique. Minerai de cuivre à cristaux grossiers montrant la présence de feldspath potassique (rose), de magnétite (grise), de chalcopyrite (jaune vif), de calcite (blanche), de chlorite (noire). Photo : R.V. Kirkham.*

Planche 14. *23 Uranium dans un filon. Kazan Falls, région du lac Baker, Territoires du Nord-Ouest. Une imprégnation d'hématite rouge accompagne les remplissages de fractures constitués de pechblende (non visible) le long d'une zone faillée mylonitique qui traverse un gneiss stratifié. Photo : A.R. Miller.*

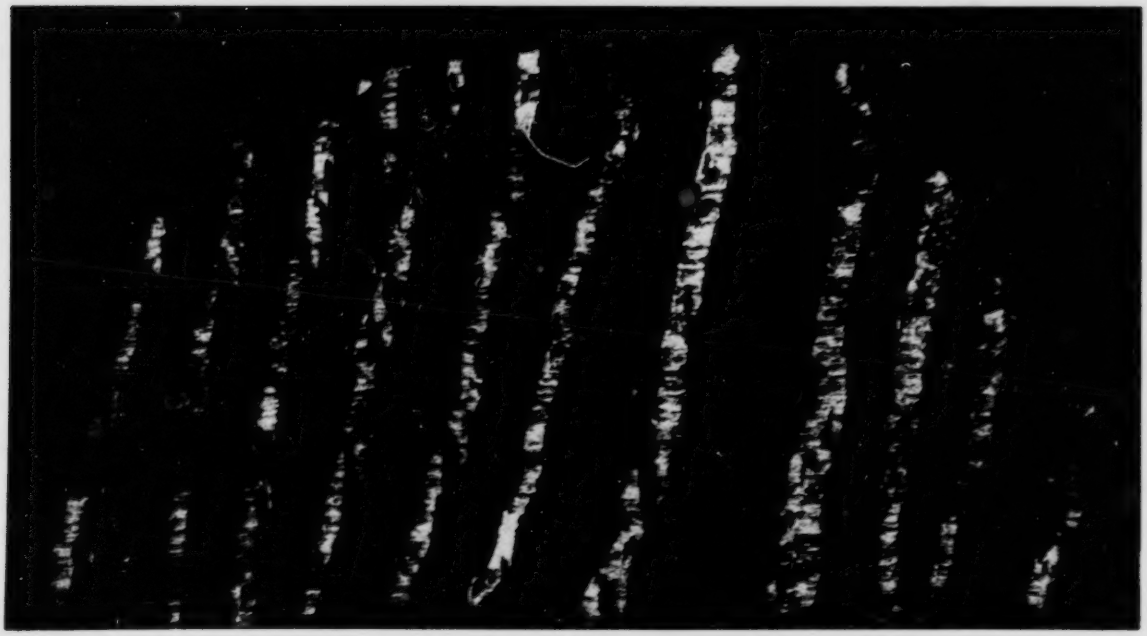


Planche 15. *26 Amiante dans des roches ultramafiques. Mines Thetford, Québec. Minerai d'amiante à fibres transversales. Notez l'espacement généralement uniforme des filons de chrysotile dans une dunite serpentinisée, et l'alignement en échelon des inclusions de roche encaissante dans les filons. Échantillon : M. Larose. Le spécimen a environ 10,5 cm de long.*

1. ÉVAPORITES ET SAUMURES

1.a Marine
1.b Non marines

PRODUITS

(1.a) NaCl, KCl, gypse (S, Mg, Sr, Cl, Br, I)
(1.b) Trona, borates, Li, NaCl, Na_2SO_4 (KCl, Mg, Br, P, W, nitrates, zéolites, U, I, minéraux argileux)

EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*

(1.a) Formations de Salina, Ont. (NaCl, gypse); groupe de Windsor, N.-É., N.-B., T.-N., Qué. (NaCl, KCl, gypse, célestine); formation de Prairie, Sask. (KCl, NaCl); Gypsumville, Man. (gypse); Windermere, C.-B. (gypse) – *bassins du Michigan, du Delaware et de Paradox, U.S.A. (KCl, NaCl, gypse); dômes de sel de la côte du Golfe du Mexique, U.S.A., et Mexique (S, NaCl); bassins du Zechstein et du Messinien en Europe, dans les monts Oural en URSS, et sur le plateau de Khorat en Thaïlande (KCl, NaCl, gypse)*
(1.b) Lacs alcalins modernes, Sask. et Alta. (Na_2SO_4) – *Formation de Green River, Wyoming (trona); lac Searles, Californie (borates, NaCl, KCl, Mg, Br, I, Li, W); vallée de Clayton, Nevada (Li); Grand Lac Salé, Utah (NaCl, Mg, Br); mer Morte, Israël et Jordanie (NaCl, KCl, Mg, Br); Bigadiz, Emet et Kirka, Turquie (borates); lac Magadi, Kenya (trona); désert d'Atacama, Chili (nitrates); sédiments des lacs de playa de la province tectonique des États-Unis dans l'ouest des États-Unis (zéolites); Yeelirrie, Australie Occidentale (U)*

IMPORTANCE

(1.a) Source la plus importante de sel, de potasse et de gypse au Canada et dans le reste du monde. Sites potentiels d'enfouissement des déchets nucléaires et de stockage du pétrole.
(1.b) Canada : principale source de sulfate de soude. Autrement, d'importance secondaire. Monde : importante source de trona, de borates et de lithium aux États-Unis. Le lac Searles est la source la plus vaste de tungstène des États-Unis et contient 50 à 60 % des réserves connues. Les évaporites lacustres pourraient devenir une source majeure de zéolites. Les gisements de nitrates du Chili ont été importants pendant 100 ans, mais n'ont aujourd'hui qu'un rôle secondaire. Les dépôts lacustres et dépôts de caliche pourraient devenir une source accessoire d'uranium dans plusieurs parties du monde.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

(1.a) 90 à 100 % de NaCl; 15 à 30 % de K_2O; 90 à 100 % de gypse; des dizaines de millions à plus d'un milliard de tonnes.
On estime que les gisements de la Saskatchewan contiennent plus de 14 milliards de tonnes de minerai récupérable (exploitable par des méthodes minières classiques), dont la teneur moyenne et K_2O serait de 25 %; au Nouveau-Brunswick, existent plusieurs centaines de millions de tonnes de minerai de teneur moyenne 20 à 30 % de K_2O; dans les dômes de sel du golfe du Mexique, les gisements individuels peuvent contenir plus de 50 millions de tonnes de soufre extractible.
(1.b) On estime que les lacs alcalins de la Saskatchewan contiennent des réserves totales de 55 à 65 millions de tonnes de sulfates de soude. Les gisements du Wyoming contiennent probablement plus de 30 milliards de tonnes de trona; les gisements et saumures du lac Searles contiennent plus de 200 millions de tonnes de sels solubles extractibles. On a estimé que la région d'Emet en Turquie contenait 45 millions de tonnes ayant une teneur moyenne de 45 % de B_2O_3, et la région de Kirka 500 millions de tonnes d'une teneur moyenne de 27 % de B_2O_3. Les réserves de nitrates du Chili dépassent 2,5 milliards de tonnes ayant une teneur minimale de 7 % de $NaNo_3$; on estime que Yeelirrie contient 41 000 tonnes de minerai de U_3O_8, ayant une teneur moyenne de 0,15 % de U_3O_8.

CADRE GÉOLOGIQUE

(1.a) Vastes bassins marginaux à circulation restreinte, et sebkhas littorales étendues dans des zones arides.
(1.b) Grands lacs salés de désert et sabkhas intérieures (playas) dans des régions arides et semi-arides. De nombreux bassins sédimentaires de régions désertiques, caractérisés par un réseau de drainage fermé, sont le résultat de la formation de fossés tectoniques.

ROCHES FAVORABLES OU ROCHES MINÉRALISÉES

(1.a) Lits de sel, de potasse, de gypse et d'anhydrite.
(1.b) Lits de trona, de borates, de sel, de potasse, de gypse, de glaubérite et d'argile litée; caliches (croûtes calcaires); roches tufacées (zéolites); et saumures à l'intérieur des strates, ou saumures lacustres.

ROCHES ASSOCIÉES

(1.a) Argiles litées et calcaires marins fétides, calcaire récifaux, lits rouges. Les stromatolites et tapis d'algues sont fréquents.
(1.b) Schistes bitumineux, microgrès, grès, conglomérats et red beds. Les fossiles de végétaux et de poissons sont fréquents.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

Les minerais peuvent être constitués de lits sédimentaires; de roches couvertures des dômes de sel; ou de saumures de surface et de subsurface. Pour qu'ils soient d'intérêt économique, les principaux produits doivent normalement constituer un pourcentage élevé de l'unité minéralisée. Les plissements intraformationnels des lits de potasse et de halite sont fréquents.

MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*

(1.a) Gypse, anhydrite, halite, sylvite, carnallite, polyhalite, tachyhydrite, langbeinite, kaïnite, célestine, strontianite. – *Dolomite, calcite, minéraux argileux, quartz, pyrite*
(1.b) Très variables : les minéraux contenant Na et Mg sont caractéristiques. Gypse, anhydrite, halite, glaubérite, trona, mahcolite, borax, kernite, hanksite, burkéite, ulexite, colémanite, mirabilite.
– *Dolomite, calcite, magnésite, sidérite, minéraux argileux, quartz, talc, pyrite, nombreux minéraux caractéristiques des gisements évaporitiques.*
Gisements de nitrates du Chili : nitrate de soude, nitre, darapskite, humberstonite, lautarite, bruggenite, dietzéite. – *Halite, gypse, anhydrite, glaubérite, bloedite, tarapacaïte, lopézite, ulexite.*
Gisement d'uranium de Yeelirrie : carnotite. – *Calcite, calcédoine, dolomite, gypse, sépiolite*

ÂGE, ROCHES FAVORABLES

Protérozoïque supérieur à Holocène

ÂGE, MINERAI

Principalement syngénétique (contemporain des roches favorables) avec d'importantes modifications diagénétiques. Les gisements de célestine du lac Énon en Nouvelle-Écosse sont probablement de type diagénétique. On estime que les gisements de soufre natif qui font partie des roches de couverture des dômes de sel, se sont formés épigénétiquement par réduction bactérienne des sulfates.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

Le dépôt des composants solubles est généralement le résultat de l'évaporation dans des salines (lacs salés) et dans des sebkhas (dépressions salines basses), et de la précipitation de produits issus des saumures de subsurface, à la fois dans des bassins marins marginaux et des bassins de déserts intérieures. On estime qu'un grand nombre des produits d'intérêt économique, comme la halite, les sels de potassium, le sulfate de soude, le trona, les borates, les nitrates et la carnotite sont d'origine syngénétique. Sur le site du lac Énon, en Nouvelle-Écosse, le strontium s'est peut-être concentré dans un milieu évaporitique durant la diagénèse. On considère que les abondants lits de cendres volcaniques présents dans les lacs salés ont favorisé la formation de zéolites. Les nitrates ne se seraient concentrés que dans des conditions d'aridité extrême. Pour se former, les dépôts uranifères de caliche exigent probablement la présence de sources distinctes d'uranium et de vanadium dans de vastes bassins versants, ainsi qu'un milieu évaporitique favorable au développement des croûtes calcaires. Normalement, les gisements exploitables de gypse sont le résultat de l'hydratation de l'anhydrite à proximité de la surface.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

1. Bassins évaporitiques, préférablement vastes, ou bassins plus petits caractérisés par des concentrations inhabituelles d'éléments (par exemple borates, lithium, uranium, nitrates).
2. Identification et délimitation (par exemple analyse des faciès) des éléments exploitables dans la séquence évaporitique.
3. Les sites miniers se situent généralement près de la surface (par exemple mines de gypse à ciel ouvert); les dômes de sel ou anticlinaux ont amené les lits de sel et de potasse à proximité de la surface.
4. La géochimie des eaux de source (Na^+, K^+, Br^+, (Cl^-, etc.) s'est avérée utile pour découvrir les gisements de potasse du Nouveau-Brunswick et du plateau de Khorat.
5. Les levés gravimétriques et sismiques aident à délimiter les grands dômes de sel et anticlinaux.

AUTEUR

R.V. Kirkham

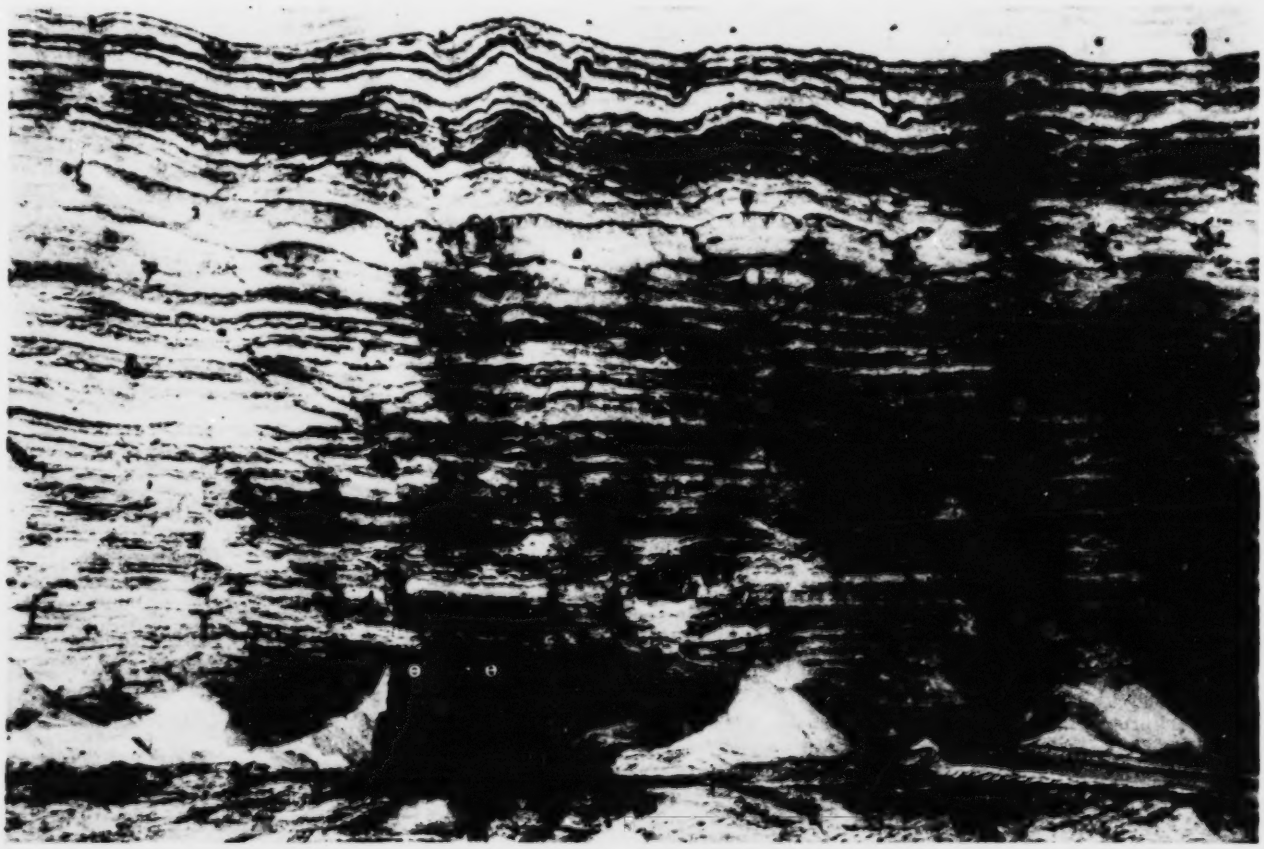


Figure 1. *1.a Évaporites et saumures. Sifto Salt Company Mine, Goderich, Ontario. Halite stratifiée relativement peu déformée, unité A-2 de la formation de Salina, Silurien supérieur. L'échelle est indiquée par le véhicule situé au premier plan. Photo communiquée par la Sifto Salt Division, DOMTAR Ltd. (CGC 203368).*

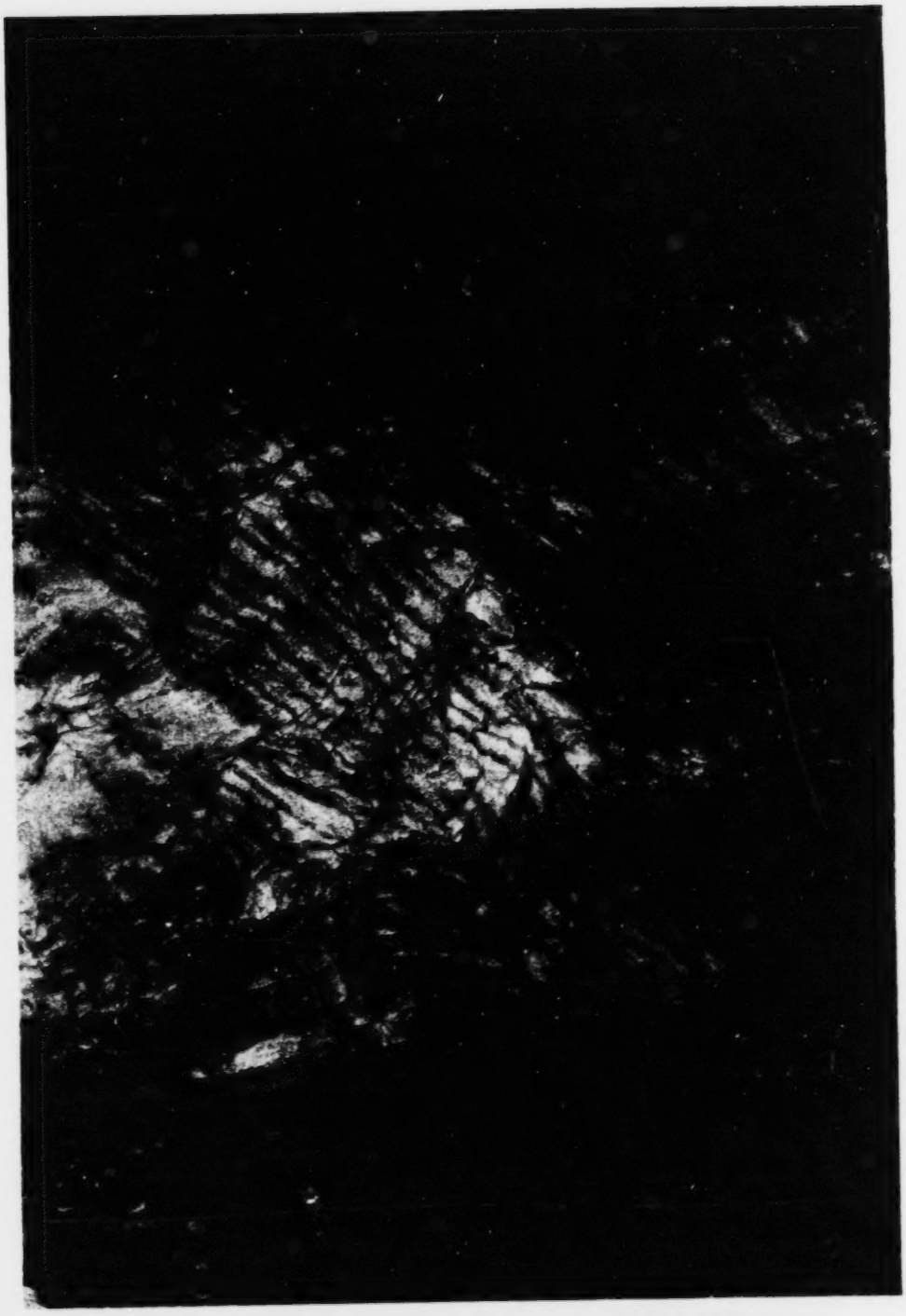


Figure 2. *1.a Évaporites et saumures. Mine de la Canadian Rock Salt Company Ltd, Pugwash, Nouvelle-Écosse. Anhydrite fortement contournée (gris sombre) interstratifiée avec de la halite litée. Groupe de Windsor, Mississippien inférieur. Photo : H. Wiele, Institut Bedford d'océanographie (I.B.O. 4392-12).*

2. STRATES SÉDIMENTAIRES FERRUGINEUSES

2.1 MINERAI DE FER

PRODUIT	Fe
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Wabana, Terre-Neuve; Peace River, Alta. – *Formation de Clinton, de l'Alabama à l'État de New York; minettes, Angleterre, France, Luxembourg et Allemagne*
IMPORTANCE	Canada : Exploités à Wabana depuis 75 ans. Source potentielle de fer dans la région de Peace River. Beaucoup moins importants que les sous-types de formations ferrifères (2.2, 2.3). Monde : La principale source domestique de fer se trouve dans la partie nord-centrale de l'Europe. Beaucoup moins importante que les sous-types de formations ferrifères (2.2, 2.3).
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Des milliards de tonnes, de teneur comprise entre 30 et 55 % de Fe, en moyenne 30 à 35 % de Fe.
CADRE GÉOLOGIQUE	Dans les successions sédimentaires peu profondes de plates-formes et d'estuaires; dans la gamme de milieux néritiques oxygénés à euxiniques et stagnants et fermès.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Lits minces et massifs d'hématite–sidérite–chamosite, argiles avec textures oolitiques; intercalés avec des argiles litées et des grès. Les débris de fossiles sont fréquents.
ROCHES ASSOCIÉES	Argiles litées noires, grès ferrugineux, argiles litées pyriteuses, calcaires, argiles litées et grès manganifères et phosphatés, sables glauconieux.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Lits minéralisés minces et massifs, généralement de 1 à 10 m d'épaisseur, interstratifiés avec des argiles litées et des grès. Généralement exploités seulement là où les lits sont peu perturbés et ont un pendage faible.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Hématite, goethite, sidérite, chamosite. – *Calcite, ankérite, divers minéraux argileux, quartz (grains), pyrite, débris phosphatés de fossiles*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Précambrien à Holocène, le plus souvent dans les successions du Paléozoïque inférieur et du Mésozoïque.
ÂGE, MINERAI	Syngénétique; contemporain des roches favorables.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Dépôt de minéraux ferrifères et argileux dans des bassins néritiques, des lagunes et des estuaires, dans des milieux oxygénés à euxiniques. On a proposé plusieurs modèles de formation des gisements de ce type : 1. Sédiments clastiques et chimiques dérivés des masses continentales (modèle le plus souvent accepté); 2. Fe enlevé par lessivage à des boues profondes et euxiniques, transporté par des courants remontants, et déposé dans des bassins littoraux oxygénés; 3. Effusions hydrothermales de sources volcanogéniques; 4. Substitution diagénétique des sédiments carbonatés par du fer dérivé des boues carbonées associées, et d'autres sédiments.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Contrôle stratigraphique bien défini. 2. Les lits de minerai ferrifère semblent constituer des faciès sédimentaires chimiques et clastiques de type néritique et d'estuaire, caractérisés par des assemblages minéraux et textures distinctifs. 3. Des lits de minerai ferrifère purs, exempts de quantités excessives d'argiles litées et de grès interstratifiés sont désirables. 4. Des perturbations structurales excessives, et des pendages prononcés réduisent les possibilits d'exploitation minière.
AUTEUR	G.A. Gross

2.2 FORMATIONS FERRIFÈRES (TYPE DU LAC SUPÉRIEUR)

PRODUITS	Fe (Mn)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Régions du lac Knob, du lac Wabush et du mont Wright, Québec et Labrador – *Mesabi Range, Minnesota; Marquette Range, Michigan; région de Minas Gerais, Brésil*
IMPORTANCE	Au Canada : principale source de fer. Dans le monde : principale source de fer.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Des milliards de tonnes, de teneurs allant de 15 à 45 % de Fe, en moyenne 30 % de Fe.
CADRE GÉOLOGIQUE	Plateaux et talus continentaux, peut-être contemporains de crêtes volcaniques situées au large. Les gisements se sont principalement formés dans des successions de plate-forme du Précambrien moyen, en marge des cratons archéens.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Les formations ferrifères sont principalement constituées de lits ferrifères et siliceux; des variétés communes sont la taconite, l'itabirite, les quartzites rubanés à hématite, et les jaspilites; les formations sont composées de faciés oxydés, silicatés et carbonatés, et peuvent aussi inclure des faciès sulfurés. Généralement, elles sont intercalées avec d'autres sédiments de plate-forme : argiles litées noires carbonées, argiles litées rouges, autres types d'argiles litées et argilites, tufs, grauwackes, quartzites, dolomies.
ROCHES ASSOCIÉES	Cherts lités et brèches à chert, dolomies, dolomies stromatolitiques et cherts, argiles litées noires, argilites, microgrès, quartzites, conglomérats, red beds, tufs, laves, roches volcanoclastiques; et leurs équivalents métamorphiques.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Les gisements exploitables ont des lits sédimentaires dont l'épaisseur cumulative est typiquement de 30 à 150 mètres, et dont la longueur, suivant leur direction, est de plusieurs kilomètres. Dans de nombreux gisements, la répétition des lits causée par des plis isoclinaux ou des failles chevauchantes a produit des zones minéralisées suffisamment larges pour être d'exploitation rentable. La distribution des minéraux est largement déterminée par la sédimentation primaire. Les textures granulaires et oolitiques sont fréquentes.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Magnétite, hématite, goethite; pyrolusite, manganite, hollandite. *– Cherts finement laminés, quartz, silicates de fer, carbonates de fer et sulfures de fer; leurs dérivés primaires ou métamorphiques*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Précambrien, surtout Protérozoïque inférieur (2,4 à 1,9 milliards d'années).
ÂGE, MINERAI	Syngénétique, contemporain des roches favorables. Au Canada, des épisodes de déformation majeure se sont produits pendant l'Hudsonien et, par endroits, les cycles orogéniques du Grenvillien ont produit des épaisseurs exploitables de formations ferrugineuses.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	L'un des modèles auquel on donne la préférence est basé sur la précipitation chimique, la précipitation à l'état colloïdal, et peut-être même la précipitation biochimique de fer et de silice dans des milieux euxiniques à oxydants; le fer et la silice proviendraient de sources hydrothermales effusives liées à des réseaux de fractures et à l'activité volcanique au large. La précipitation peut être distale par rapport aux centres d'effusifs et aux sources chaudes activées. Dans d'autres modèles, la silice et le fer proviennent des masses continentales profondément altérées, ou sont libérés par la lixiviation des sédiments euxiniques. Le remaniement sédimentaire des lits est fréquent. Le fort développement des formations ferrugineuses du type du lac Supérieur au début du Protérozoïque est considéré par certains comme lié à une augmentation dans l'atmosphère de la concentration d'oxygène, due à l'évolution biologique.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. La distribution des formations ferrifères est assez bien connue, grâce aux levés aéromagnétiques. 2. Les faciès oxydés sont les plus importants des faciès des formations ferrifères, d'un point de vue économique. 3. D'épaisses sections primaires de formations ferrifères sont souhaitables. 4. La répétition des lits favorables par des plis ou des failles est parfois un facteur essentiel, pour que les gisements présentent une largeur exploitable (30 à 150 mètres). 5. Le métamorphisme augmente la granulométrie, et favorise l'extraction métallurgique. 6. Les assemblages minéraux métamorphiques reflètent la minéralogie des faciès sédimentaires primaires. 7. L'analyse des bassins et les modèles de sédimentation montrent les éléments déterminants du développement des faciès, et aident à définir la situation et la distribution des divers faciès des formations ferrifères.
AUTEUR	G.A. Gross

(voyez planche 1, page 5)

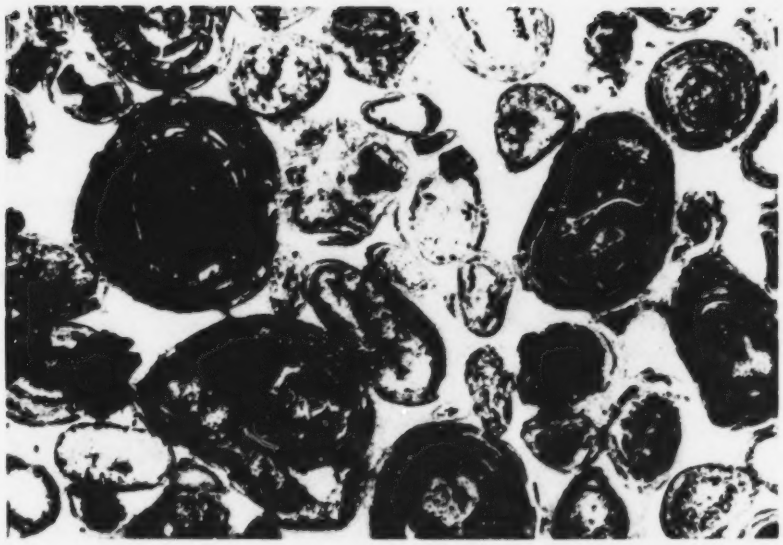


Figure 3. 2.2 Formation ferrifère (type du lac Supérieur). Région du lac Mistassini, Québec. Formation ferrifère à magnétite-hématite-quartz, faciès oxydé avec texture oolitique. Le champ visuel est de 5 mm. Photo : G.A. Gross (CGC 203886-K)

Figure 4. 2.2 Formation ferrifère (type du lac Supérieur). Lac Wabush, Labrador. Formation ferrifère métamorphisée à quartz et oligiste montrant la déformation des sédiments tendres, et la stratification lenticulaire à gauche, stratigraphiquement au-dessous de l'unité caractérisée par une stratification croisée. L'aimant situé au centre a 3,5 cm. Photo : G.A. Gross (CGC 203886-U).

Figure 5. 2.3 Formation ferrifère (type d'Algoma). Mine Adams, Kirkland Lake, Ontario. Formation ferrifère typique à magnétite et chert, ayant subi d'importantes déformations. Le canif situé au centre a 10 cm de long. Photo : G.A. Gross (CGC CN-98).

2.3 FORMATIONS FERRIFÈRES (TYPE ALGOMA)

PRODUITS	Fe (Mn)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Mine Helen à Wawa, mine Sherman à Témagami, mine Griffith à Ear Falls, et lac Saint-Joseph en Ontario; Woodstock, N.-B. – *Krivoy Rog, URSS*
IMPORTANCE	Canada : seconde source majeure (après le minerai du lac Supérieur) de fer. Source potentielle de manganèse (Woodstock).
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Des milliards de tonnes, de teneur comprise entre 15 et 45 % de Fe, en moyenne 25 % de Fe. La teneur en manganèse est généralement faible dans les gîtes précambriens (en général moins de 2 %), mais plus significative dans certains gîtes du Paléozoïque (Mn = 10 à 40 %). Le rapport Fe:Mn peut être compris entre 40:1 et 1:50.
CADRE GÉOLOGIQUE	Les membres de la formation ferrifère se situent dans des roches volcaniques, des grauwackes et des argiles litées, près des centres d'extrusion ou à une certaine distance de ceux-ci, en bordure des zones volcaniques, des réseaux de failles profondes, des zones de fossés d'effondrement (rifts); les membres de ces formations peuvent être présents à toute étape du développement d'une succession volcanique. On les rencontre le plus souvent dans les zones de roches vertes archéennes. Certains faciès oxydés, carbonatés et sulfurés sont accompagnés de faciès sulfurés polymétalliques.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Les faciès oxydés, silicatés, carbonatés et sulfurés des formations ferrifères rubanées sont fréquemment composés de couches ou lits minces et alternés de silice (chert et quartz) et de minéraux ferrifères; et sont interstratifiés avec des strates sédimentaires et volcaniques de type clastique.
ROCHES ASSOCIÉES	Roches volcaniques felsiques, mafiques et ultramafiques, grauwackes, argiles litées noires, argilites, cherts, roches pyroclastiques interstratifiées et autres lits volcanoclastiques; leurs équivalents métamorphiques.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Les minerais sont des successions sédimentaires atteignant parfois 100 mètres d'épaisseur, et plusieurs kilomètres de longueur en direction. Dans la plupart des cas, les plis isoclinaux ou les chevauchements ont produit d'épaisses successions de formations ferrifères, et donc grandement augmenté l'exploitabilité et la rentabilité économique des gisements. La distribution des minéraux exploitables correspond étroitement aux faciès sédimentaires primaires.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Magnétite, hématite; sidérite, sidérite manganifère, pyrite et pyrrothine sont exploitées dans quelques gisements. – *Chert, quartz, silicates et carbonates de fer, chlorite, amphiboles, biotite, feldspath, grenat, chalcopyrite*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Précambrien à Holocène, mais surtout Archéen.
ÂGE, MINERAI	Syngénétique, contemporain des roches favorables.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Précipitation chimique et colloïdale de silice et de fer dans des milieux euxiniques et oxydants; le fer et la silice sont dérivés de sources volcaniques effusives et hydrothermales bordant des zones volcaniques et des réseaux profonds de failles ou de fossés d'effondrement. La formation et la distribution du minerai sont de toute évidence déterminées par des facteurs tectoniques plutôt que par des facteurs biogéniques ou atmosphériques.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. On connaît assez bien la distribution des formations ferrifères d'après les levés aéromagnétiques. 2. Les faciès oxydés sont les plus favorables, d'un point de vue économique, parmi les faciès des formations ferrifères. 3. Il est désirable de trouver d'épais lits primaires (30 à 100 m) de formations ferrifères. 4. La répétition des lits favorables par des plis ou des failles facilite l'exploitation économique. 5. Le métamorphisme augmente la granulométrie, et améliore le taux d'extraction métallurgique. 6. Les assemblages minéraux métamorphiques reflètent la minéralogie des faciès sédimentaires primaires. 7. L'analyse des bassins et la modélisation tectonique et sédimentaire indiquent les éléments déterminants de la constitution des faciès, et aident à définir l'emplacement et la distribution des divers faciès des formations ferrifères.
AUTEUR	G.A. Gross

3. FORMATIONS FERRIFÈRES ENRICHIES

PRODUITS	Fe(Mn)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Mines French, Ruth et Timmins de la région de Knob Lake-Schefferville, Québec et Labrador; Atikokan, Ont. – *Mesabi et Cayuna Rages, Minnesota; Marquette Range, Michigan.*
IMPORTANCE	Canada : ces gisements ont été à la base du développement de la région de Knob Lake-Schefferville, mais ont maintenant de moins en moins d'importance. Monde : principale source de fer en Australie, au Brésil, en URSS, en Afrique et autrefois, aux États-Unis.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	1 à 50 millions de tonnes au Canada, des milliards de tonnes au Brésil et en Australie. La teneur en Fe est comprise entre 45 et 69 % de Fe, en moyenne 50 à 60 % de Fe. La teneur en Mn est généralement faible, mais variable.
CADRE GÉOLOGIQUE	Altération chimique profonde du minerai primitif des formations ferrifères du type du lac Supérieur et du type d'Algoma.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Zones résiduelles oxydées et chimiquement enrichies de formations ferrifères poreuses, friables, et constituées d'oxydes de fer hydratés terreux, formés sur le minerai primitif de la formation ferrifère.
ROCHES ASSOCIÉES	Formations ferrifères non altérées; argiles litées, microgrès, quartzites, dolomies et autres roches sédimentaires clastiques et roches pyroclastiques, généralement oxydées et lessivées.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Lentilles irrégulières ou masses tabulaires à l'intérieur du minerai primitif de la formation ferrifère. Les assemblages minéraux reflètent le faciès du minerai primitif dont ils sont dérivés; par exemple, les types de minerai bleu jaune et rouge provenaient des faciès clastiques oxydés, silicatés et carbonatés, et ferrugineux respectivement (par exemple à Knob Lake); dans certains gisements, le minerai de goethite brune provenait des faciès mixtes à carbonates et sulfures (par exemple Atikokan). Le minerai enrichi tend à passer à un minerai primitif oxydé et partiellement lessivé.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Hématite, goethite, magnétite, martite, sidérite, psilomélane, pyrolusite, hollandite. – *Quartz, chert, silicates de fer, dolomite, divers silicates constituant la roche, en particulier des minéraux argileux*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Âge du minerai primitif : principalement Précambrien.
ÂGE, MINERAI	Mal déterminés : diverses périodes d'enrichissement, du Précambrien à l'Holocène.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Les masses résiduelles d'oxyde de fer ont été formées par un processus d'enrichissement secondaire, avec oxydation du fer et lixiviation des minéraux siliceux par des eaux souterraines circulant à grande profondeur dans les parties fracturées et les plus perméables des formations ferrifères.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Surface supérieure, profondément altérée chimiquement, des formations ferrifères précambriennes exhumées. 2. Composition chimique, minéralogie et texture des faciès primaires des formations ferrifères. 3. Degré de métamorphisme du minerai primitif : la granulométrie et la texture influent sur la perméabilité, et par conséquent sur l'oxydation et l'altération.
AUTEUR	G.A. Gross

(Voyez planche 3, page 6)

4. GISEMENTS STRATIFORMES DE PHOSPHATES (PHOSPHORITES)

4.a Miogéosynclinal
4.b Plate-forme

PRODUITS	P (U, F, V, gypse artificiel)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	**(4.a)** Synclinorium de Fernie (Jurassique), C.-B. et Alb.; région de Rapid Creek-Big Fish River (Crétacé), Yukon. – *Formation de Phosphoria (Permien), Idaho, Montana et Wyoming* **(4.b)** Bassin de l'Athabasca (Protérozoïque) Sask. – *Floride (Tertiaire); bassin de Georgina (Cambrien), Australie; nord-ouest de l'Afrique (Crétacé-Éocène)*
IMPORTANCE	Canada : aucune production actuelle ou passée. Toutefois, on connaît des manifestations (voyez ci-dessus); d'autres régions ont sans doute un potentiel géologique. Monde : phosphates stratiformes, principalement du sous-type 4.b, dont l'exploitation représente plus de 80 % de la production de phosphate dans le monde.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Étranger : les teneurs moyennes se situent typiquement entre 31 et 36 % de P_2O_5. On peut exploiter du minerai de teneur aussi faible que 24 %, et l'enrichir jusqu'à plus de 30 %. Aux États-Unis, le tonnage extrait des gisements est de l'ordre de centaines de millions ou milliards de tonnes, à des concentrations supérieures à 24 %. Dans certains gisements, on rencontre des dizaines à des centaines de ppm d'uranium.
CADRE GÉOLOGIQUE	**(4.a)** Miogéosynclinal : dans le prisme miogéosynclinal, surtout dans la zone de flexure entre la plate-forme peu profonde et le bassin plus profond, ou bien là où le profil sédimentaire est constitué de sédiments remaniés, et par conséquent est d'épaisseur réduite. **(4.b)** Plate-forme : habituellement dans des bassins cratoniques et des plates-formes stables bordant les cratons. On connaît aussi un cadre de plateau océanique, mais ce type est d'importance quantitative réduite.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	"Les phosphorites" sont des roches sédimentaires de type sableux, carbonaté ou schisteux, et contiennent en abondance des phosphates d'origine marine (apatite) sous forme de granules ou nodules, ou bien dans la matrice elle-même.
ROCHES ASSOCIÉES	Autres roches sédimentaires caractéristiques du milieu de sédimentation : **(4.a)** cherts, argiles litées carbonées, carbonates **(4.b)** carbonates, grès, microgrès.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Gisements tabulaires, lités : les lits individuels peuvent avoir moins d'un mètre à plusieurs mètres d'épaisseur, et s'étendre sur des centaines de milliers de kilomètres carrés. Les parties exploitables de ces lits sont celles qui se prêtent à une extraction à ciel ouvert.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Minéraux du groupe de l'apatite – *Quartz, argiles, carbonates*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Canada : Protérozoïque à Crétacé Monde : Protérozoïque à Holocène
ÂGE, MINERAI	Syngénétique, diagénétique; essentiellement contemporain des roches favorables.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Remontée des eaux océaniques phosphatées sur les plates-formes. Sédimentation biogénique dans les milieux de plate-forme marine et de bassin cratonique, dans un climat chaud et aride, et faible taux de sédimentation des matériaux terrigènes; diagenèse et enrichissement ultérieur; l'enrichissement par remaniement des sédiments est important en de nombreux endroits.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	**(4.a), (4.b)** Les associations lithologiques des milieux de plate-forme marine et de bassin cratonique, par exemple les cherts et les argiles litées noires; les sections stratigraphiques d'épaisseur réduite, en raison du remaniement des sédiments; aux paléolatitudes peu élevées. **(4.b)** Associations structurales paléotopographiques, par exemple structures représentant d'anciens dômes et bassins topographiques et faible profondeur. En raison de l'association courante de l'uranium avec les phosphates stratiformes, les méthodes de détection radiométriques sont utiles pour l'exploration.
AUTEUR	R.L. Christie

5. PLACERS URANIFÈRES, AURIFÈRES

5.1.a Uranium
5.1.b Or

PRODUITS	**(5.1.a)** U (Th, terres rares) **(5.1.b)** Au, U (diamants, métaux de groupe du platine)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	**(5.1.a)** Elliot Lake, Ontario; Padlei, T.N.-O.; lac Sakami, Québec – *Medicine Bow Mountains, Wyoming; Black Hills, South Dakota* **(5.1.b)** *Witwatersrand, Afrique du Sud; Jacobina, Brésil*
IMPORTANCE	**(5.1.a)** Canada : Les placers représentaient la moitié des réserves domestiques d'uranium en 1978. Monde : les sous-types (5.1.a) et (5.1.b) combinés représentaient un tiers des réserves d'uranium du monde non-communiste en 1978. **(5.1.b)** Canada : pas de réserves. Monde : Les placers représentent environ 60 % des réserves et de la production annuelle mondiales d'or, provenant presque entièrement du Witwatersrand en Afrique du Sud.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Le tonnage des corps minéralisés individuels se situe généralement entre 10 et 400 millions de tonnes. **(5.1.a)** Elliot Lake : teneur moyenne 900 ppm d'U (le minerai riche contient en moyenne approximativement 1 200 ppm d'U, 250 ppm de Th, 0,2 ppm d'Au, 2 ppm d'Ag; les régions marginales "en aval" et les lits minéralisés supérieurs ont une teneur moyenne d'environ 500 ppm d'U, 1 000 ppm de Th). À Agnew Lake (près d'Elliot Lake) : la teneur moyenne est de 700 ppm d'U et de 2 500 ppm de Th. **(5.1.b)** Witwatersrand : la teneur moyenne est de 10 ppm d'Au, 280 ppm d'U, 30 ppm d'Ag.
CADRE GÉOLOGIQUE	Les gisements se trouvent dans les arénites quartzeuses des successions supracratoniques les plus anciennes déposées dans des zones d'effondrement intracratoniques, des bassins intracratoniques, ou peut-être même dans les portions proximales des bassins cratoniques marginaux reposant sur des roches archéennes. Les successions favorables n'ont pas de red beds, et sont antérieures à toute succession contenant des red beds incontestés. On rencontre des formations ferrifères importantes dans les successions marines susjacentes ou proches et plus récentes d'Afrique du Sud, d'Australie, du Wyoming, et de l'est du Bouclier canadien.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Conglomérats à galets quartzeux et grès grossier dans des sédiments fluviatiles grossiers. **(5.1.a)** On rencontre l'uranium surtout dans des lits conglomératiques à galets quartzeux, accompagné de minéraux lourds dans les couches pyriteuses de l'arénite. **(5.1.b)** On rencontre l'or et l'uranium dans des lits conglomératiques à galets quartzeux, et dans de minces filons d'hydrocarbures et couches et minéraux lourds pyriteux de l'arénite quartzeuse.
ROCHES ASSOCIÉES	Grès argileux et quartzeux ou feldspathiques. On rencontre aussi fréquemment des paraconglomérats polymictes, des microgrès et argiles litées, des orthoconglomérats accompagnés de clastes de quartz et de basalte, des filons-couches gabbroïque et des basaltes (autres roches associées : à Jacobina au Brésil, serpentinite. Au lac Sakami au Québec, on rencontre des serpentinites, des coulées ultramafiques, des sédiments turbiditiques, des roches volcaniques mafiques et felsiques, et des formations ferrifères. À Black Hills dans le South Dakota, on rencontre une formation ferrifère à hématite).
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Gisements composés de lentilles stratiformes, de grande extension, isolées ou multiples, en forme de ruban ou d'éventail. **(5.1.a)** Conglomérats uranifères pyriteux à galets quartzeux; couches uranifères de minéraux lourds dans l'arénite près de lits conglomératiques. **(5.1.b)** Conglomérats aurifères et uranifères à galets quartzeux; filons d'hydrocarbures contenant U et Au dans un quartzite non conglomératique.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Uraninite, brannérite, uranothorite, monazite uranifère, or natif. *– Quartz sous forme de galets et de clastes plus petits, grains de pyrite, séricite interstitielle, grains de feldspath potassique, rutile-anatase, monazite, zircon, autres minéraux lourds incluant les minéraux du groupe du platine, et diamants.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Aphébien inférieur et Archéen. Aucune roche déterminée comme ayant moins de 2,2 milliards d'années. L'âge des roches favorables sud-africaines se situe entre 2,9 et 2,2 milliards d'années. Celui des roches favorables huroniennes du Canada se situe entre 2,7 et 2,25 milliards d'années. Les roches favorables australiennes ont environ 2,3 à 2,4 milliards d'années. Celles du lac Sakami sont plus anciennes que 2,4 milliards d'années. D'autres (Brésil, Padlei, Wyoming, Black Hills) se situent entre 2,5 et 1,8 milliards d'années.
ÂGE, MINERAI	Même que pour les roches favorables, mais d'importantes modifications diagénétiques ont parfois eu lieu, y compris la formation de brannérite dans les grains de rutile, et peut-être la précipitation de l'or.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Concentrations sous forme de placers avant la formation d'une atmosphère d'oxygénée, des minéraux lourds ou de leurs précurseurs prédiagénétiques, accompagnées de pyrite détritique, d'oxydes de fer et de titane, de monazite, de zirocon et d'autres minéraux lourds.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	Détails paléotopographiques responsables de variations abruptes du gradient et de la compétence des cours d'eau entraînant les détritus arrachés aux terrains granitoïdes altérés (par exemple, en amont des vallées, à partir des escarpements de faille, des marges des champs de lave, des bahadas, et des confluences de cours d'eau). Guides de l'exploration : examinez toute arénite à grain grossier, quartzifère, dont l'âge pourait dépasser 2,25 milliards d'années, ou qui serait d'origine fluviatile et contiendrait de la pyrite mais pas d'hématite. S'il existe des concentrations, si légères soient-elles, de produits radioactifs dans les couches les plus grossières, recherchez l'existence de milieux formés dans des conditions d'énergie élevée (lits de galets) à l'intérieur de la succession. Explorez ces lits en remontant la direction des paléocourants, et en observant l'accroissement de taille des galets, l'épaisseur des lits de galets, et l'augmentation des rapports U:Th.
AUTEUR	S.M. Roscoe

(voyez planches 4, 5, page 7)

5.2 GISEMENTS D'OR DE TYPE PLACER

PRODUITS	Au (Ag)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	District du Klondike, Yukon : district de Cariboo, Colombie-Britannique; Chaudière, Québec – *Sierra Nevada, Californie; Victoria, Australie; fleuves Léna, Aldan et Amur, U.R.S.S.; Choco, Colombie*
IMPORTANCE	Canada : L'exploitation des placers représentait 8 % de la production d'or totale enregistrée au Canada jusqu'en 1955. Leur part a décliné de 2 % de la production annuelle canadienne d'or en 1954, à 0,2-0,3 % à la fin des années 1960 et au début des années 1970, puis est remontée de nouveau à plus de 3 % en 1980. Monde : On estime que les placers ont donné un quart à un tiers de la production totale d'or jusqu'à présent.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Les gisements peuvent aller de "bonanzas" de haute teneur, à des dissémination de faible teneur, non rentables économiquement. Dans les districts du Klondike et de Cariboo, où l'on a exploité plusieurs dizaines de kilomètres de graviers aurifères de vallée, le placer plus exceptionnel est peut-être celui d'Eldorado Creek (Klondike) qui en moyenne, contiendrait 600 g d'Au/mètre sur 6 km.
CADRE GÉOLOGIQUE	Terrain non glacié et profondément altéré (faisant habituellement partie d'un craton stable, contenant des roches favorables aurifères), traversé par des vallées modérément incisées par des cours d'eau et contenant divers types de dépôts alluviaux.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Ravins, ruisseaux, cours d'eau, plaines inondables, sédiments deltaïques, côtiers et littoraux composés de sables et graviers, ou leurs équivalents surélevés; ces sédiments ont peut-être été consolidés, et constituent maintenant des placers anciens.
ROCHES ASSOCIÉES	La roche de fond, qui comprend les roches-mères d'Au, est d'une grande variété. Les roches métamorphiques sont particulièrement communes, et incluent une grande variété de schistes et gneiss métasédimentaires, ainsi que des roches volcaniques, ultramafiques et granitiques, d'âge Précambien à Tertiaire. Les roches-mères probables de la plupart des placers sont des veines de quartz aurifère, des intrusions felsiques, des gisements de sulfures de métaux communs, des sédiments de placers anciens, et d'autres types de gîtes aurifères.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	La minéralisation peut aller de filons exploitables étroits, se trouvant au contact de la roche de fond ou à proximité de celle-ci dans d'étroites vallées, à des zones ou couches de minerai aurifère à grain très fin faiblement disséminé dans des plaines inondables, dans des sables et graviers deltaïques, côtiers ou littoraux. La granulométrie diminue avec la distance de la roche-mère.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Or natif, électrum, platine. *– Quartz, magnétite, ilménite, hématite, grenat, zircon, pyrite, et divers autres minéraux lourds de provenance locale.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Principalement Tertiaire et Quaternaire. Quelques anciens placers.
ÂGE, MINERAI	Contemporain des sédiments constituant la roche favorable. Minerai dérivé de roches-mères d'âge Précambrien à Tertiaire.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Au cours des siècles, la profonde altération des roches-mères appropriées a favorisé une concentration préliminaire de l'or à la surface de la roche de fond, ou près de celle-ci, par gravité, fluage, gélifraction et solifluxion. Une autre étape de concentration a accompagné le soulèvement et l'incision ultérieurs des vallées fluviatiles et la formation de gîtes alluviaux. L'or concentré par gravité et par l'écoulement fluviatile a formé des filons exploitables dans les dépôts d'alluvions, en particulier à la surface de la roche de fond quand celle-ci contient naturellement des cannelures, mais aussi au contact des couches imperméables que comportent les dépôts d'alluvions. Les étapes ultérieures de soulèvement et d'incision ont pu créer des placers en terrasses (terrasses fluviatiles) ou redistribuer les minéraux qui se sont alors concentrés dans les sédiments fluviatiles, les sédiments des plaines inondables, les sédiments deltaïques et côtiers en formant des placers. Les processus de migration chimique et d'accrétion ont aussi pu favoriser la concentration de l'or dans les placers.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Roches-mères aurifères. 2. Indices d'une profonde altération des roches-mères. 3. Absence des effets d'une glaciation importante, ou protection de ces effets (par exemple, conservation du profil altéré avant 4.). 4. Réseau de drainage superposé, ayant modérément incisé le terrain. 5. Dans les alluvions ainsi formées, les sites les plus favorables sont les concentrations à la surface d'une roche de fond présentant des cannelures, à la surface de couches imperméables, dans des zones de plaines inondables, ou dans des lits de graviers et sables deltaïques, côtiers ou littoraux. 6. On rencontre habituellement des grains d'or plus gros dans les portions supérieures des cours d'eau, et le long des gradients les plus forts; les concentrations les plus importantes et les grains d'or les plus volumineux se retrouvent typiquement dans les sédiments comparativement grossiers.
AUTEUR	C.R. McLeod

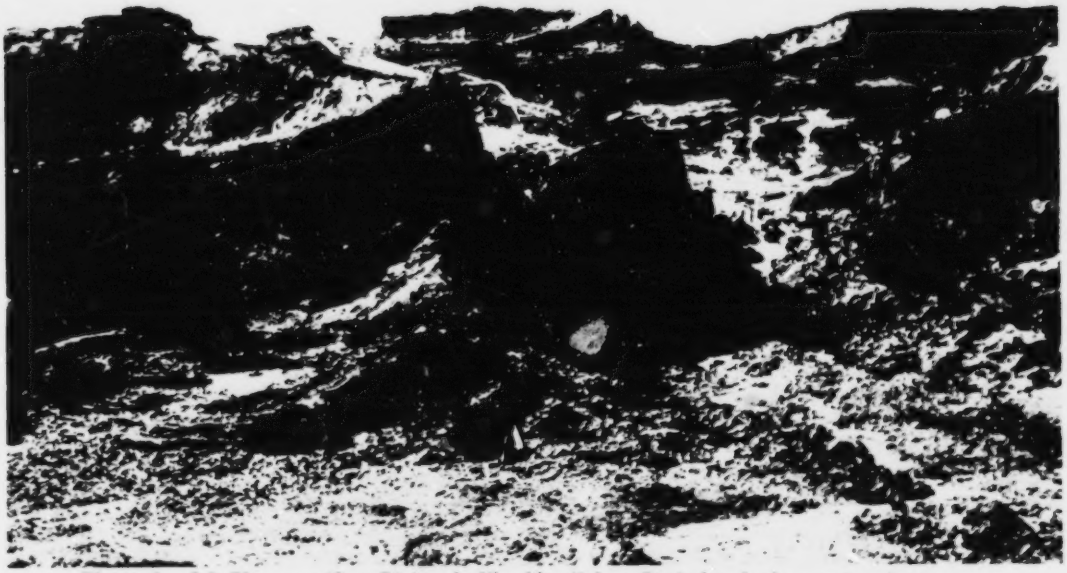


Figure 6. *5.2 Placer aurifère. Région du Klondike, Yukon. Partie basale des graviers des terrasses élevées de White Channel. Les premiers exploitants des placers (vers 1902) ont suivi la surface inférieure de la roche de fond, en construisant une galerie boisée (d'environ, 1,2 mètres de large). Les terrasses ont été exploitées par des méthodes hydrauliques et au moyen de bulldozers, en 1960. Photo : C.R. McLeod (CGC 202282-V)*

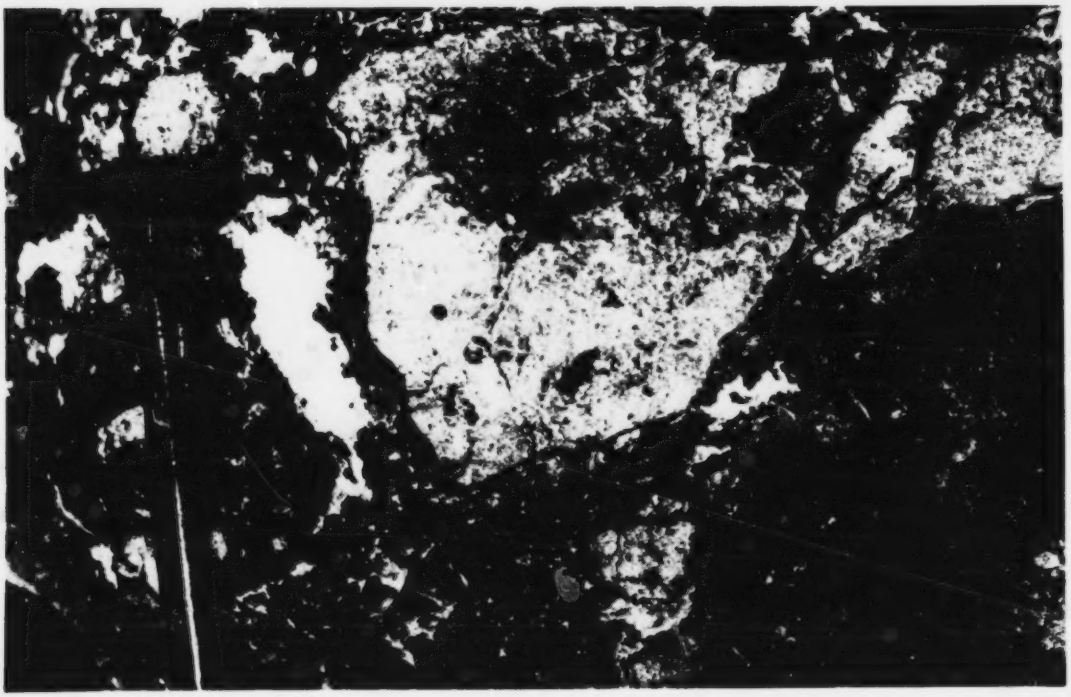


Figure 7. *6.1 Gisement de plomb et de zinc du type de la vallée du Mississippi. Pine Point, Territoires du Nord-Ouest. Brèche dolomitique d'éboulement cimentée par de la sphalérite, de la galène, de la pyrite, la marcasite et de la dolomite. Une partie du ciment sulfuré montre le même type de texture qu'à la planche 2. Photo : D.F. Sangster (CGC 202282-U)*

6. GISEMENTS STROTOÏDES DE PLOMB, DE ZINC, DE CUIVRE ET D'URANIUM

6.1 GISEMENTS DE PLOMB ET DE ZINC DU TYPE DE LA VALLÉE DU MISSISSIPPI

PRODUITS	Pb, Zn (Ag, Cd)
EXEMPLE : Canadiens – *étrangers*	Pine Point et Polaris, T.N.-O.; Newfoundland Zinc, T.-N.; *districts de Viburnum Trend et l'Old Lead Belt, Missouri; district de l'Est du Tennessee, Tennessee; Silésie, Pologne*
IMPORTANCE	Canada : environ 30 % de la production de plomb et de zinc. Monde : principale source de plomb et de zinc aux États-Unis, en Pologne et en Autriche.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Il est difficile d'obtenir des données relatives à chacun des gisements, en raison de l'absence de documents sur la production, et en raison du fait que dans de nombreux districts, les gisements sont reliés entre eux. La meilleure estimation que l'on ait relativement à la plupart des gisements est : 5 à 10 % de Pb-Zn combinés, 1 à 10 millions de tonnes de minerai.
CADRE GÉOLOGIQUE	Dans des successions carbonatées de plate-forme. Généralement, mais pas toujours, les gisements sont situés entre une zone d'instabilité tectonique caractérisée par des mouvements verticaux (généralement appelée "ligne de charnière", et marquée par des variations rapides des faciès lithologiques, comme au front d'un récif ou au bord d'un bassin sédimentaire), et la plate-forme tectoniquement stable.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Roches carbonatées, généralement dolomies fortement bréchiformes.
ROCHES ASSOCIÉES	Très souvent calcaires; moins souvent argiles litées, grès et évaporites.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Configuration : très irrégulière, habituellement discordante à l'échelle du gisement, mais de type stratoïde à l'échelle du district. Distribution des minéraux exploitables : principalement sous forme de remplissages dans une dolomie fortement bréchiforme, où la sphalérite en particulier présente une texture colloforme. Aussi fréquemment disséminés dans une gangue carbonatée secondaire; habituellement sous forme d'agrégats massifs de structure cristalline grossière.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Sphalérite, galène. – *Pyrite, marcasite, dolomite, calcite, quantités subordonnées de quartz, de barytine, fluorine, chalcopyrite.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Canada : d'âge Hélikien à Carbonifère; minéralisations particulièrement abondantes au Paléozoïque inférieur à moyen. Étranger : minéralisation principalement comprise entre le Cambrien et le Trias.
ÂGE, MINERAI	Pas déterminé avec certitude.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Même si "...aucun consensus général n'existe... et les géologues ne connaissent pas les processus physiques et chimiques qui déterminent la situation des gisements du type de la vallée du Mississippi..." (Ohle, 1980, p. 163), les études des inclusions fluides semblent indiquer que les minéraux ont précipité à partir de saumures à des températures modérées (généralement 80 °C – 150 °C). Un modèle fréquemment cité s'appuie sur l'interprétation de Beales et Jackson (1966), d'après laquelle les saumures se seraient formées dans des bassins constitués d'argile litée à proximité des carbonates des plates-formes, et les minéraux métalliques auraient parfois précipité en début de diagénèse, et parfois bien après la lithification des roches favorables.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	Aucun consensus sur les modèles génétiques, donc sur les éléments déterminants de la minéralisation ou sur les guides de l'exploration. Toutefois, un ou plusieurs des détails suivants sont généralement associés à ces gisements : 1. La présence de brèches secondaires dans la dolomie, cimentées par de la dolomite spathique blanche. 2. Des discordances à l'intérieur de la succession carbonatée (l'horizon minéralisé se trouve au-dessous des discordances). 3. Des récifs. 4. Des variations des faciès à carbonates – argiles litées et à calcaires – dolomies. 5. Des crêtes du soubassement. 6. Des espaces interstitiels de toute sorte à l'intérieur des successions carbonatées, en particulier les espaces créés par la karstification et se traduisant par des brèches, par l'amincissement des strates carbonatées, ou par un accroissement local des concentrations de produits résiduels insolubles.
AUTEUR	D.F. Sangster

(Voyez planche 2, page 5)

6.2 GISEMENTS DE PLOMB DANS DES GRÈS

PRODUITS	Pb (Zn, Ag, Cu, As, Ni, Co)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Yava, N.-É.; George Lake, Saskatchewan – *Laisvall, Suède; Maubach-Mechernich, Allemagne de l'Ouest; Largentière, France; Zeida, Maroc.*
IMPORTANCE	Canada : importance locale seulement. Monde : grande importance en Suède, un peu moins en France. Importante production en Allemagne durant la Seconde guerre mondiale.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	2 à 5 % de Pb, 0,2 à 0,8 % de Zn, 1 à 20 grammes d'Ag/tonne, généralement moins de 10 millions de tonnes de minerai, mais en quelques endroits, 80 millions de tonnes. Contrairement à d'autres gisements de ce sous-type, celui du lac George contient davantage de zinc que de plomb.
CADRE GÉOLOGIQUE	Grès basaux transgressifs de type quartzeux ou quartzo-feldspathique, reposant sur un soubassement sialique profondément altéré (dans trois districts, il a été démontré que le soubassement était géochimiquement enrichi en plomb, et en contenait en moyenne plus de 40 ppm). Généralement, les conditions dominantes étaient celles de paléolatitudes basses.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Grès quartzeux ou quartzo-feldspathiques purs; conglomérats.
ROCHES ASSOCIÉES	Soubassement sialique (par exemple roches granitiques, rhyolites), évaporites, microgrès, argiles litées, quantités subordonnées de carbonates (dolomies).
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Généralement en forme de lentilles plus ou moins concordantes par rapport au litage du grès. Les sulfures sont disséminés dans les grès homogènes, ou concentrés dans les zones de forte teneur le long du litage. Dans certains gisements, on rencontre un grand nombre de concrétions et de concentrations de sulfures présentant une texture poeciloblastique. La remobilisation des sulfures dans les failles est un phénomène fréquent.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Galène, sphalérite. *– Silice secondaire (habituellement calcédoine), carbonates, pyrite, matière organique, chalcopyrite, quantités subordonnées de sulfates, de sulfosels et d'autres sulfures.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Âge variable, Aphébien à Crétacé.
ÂGE, MINERAI	Contemporain des roches favorables, ou légèrement plus récent.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Transport par les eaux souterraines des métaux extraits par lessivage du soubassement riche en plomb, à travers des chemins poreux dans les grès; précipitation des métaux par des sulfures d'origine biologique. Récemment, on a proposé en Suède un modèle génétique dans lequel les bassins contenant les saumures ont subi un tassement provoqué par des nappes de charriage.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Soubassement sialique caractérisé par un fort taux de plomb (>30 ppm). 2. Grès basal composé de quartz dans une succession transgressive, recouvrant le soubassement. 3. Chemins poreux dans le grès, indiqués par des épaississements, passages latéraux des faciès des conglomérat aux grès, etc. 4. Zones de perméabilité dans les grès (par exemple, grès "très purs", avec quantité minimales de particules argileuses intergranulaires).
AUTEUR	D.F. Sangster

Figure 8. *6.2 Plomb dans des grès. Gisement de Yava, Nouvelle-Écosse. La galène et les produits charbonneux (principalement composés de résidus ligneux) sont orientés parallèlement au litage dans un grès terrigène à stratification entrecroisée. Les résidus ligneux sont de type détritique; la galène cimente les grains de quartz. L'échantillon a approximativement 20 centimètres de haut. Échantillon : R.V. Kirkham (CGC 203641-S).*

6.3 GISEMENTS SÉDIMENTAIRES DE CUIVRE

6.3.a Gisement de milieu marin paralique (type des Kupferschiefer)
6.3.b Gisement continental (type des red beds)

PRODUITS	Cu (Ag, Co)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	**(6.3.a)** Redstone, T.N.-O. – *Kupferschiefer, Pologne et Allemagne; zones cuprifères de Zambie et du Zaïre; Udokan, U.R.S.S.; White Pine, Michigan; Spar Lake, Montana, Creta, Oklahoma.* **(6.3.b)** Dorchester, N.-B. – *Dzhezkazgan, U.R.S.S.; Nacimiento, Nouveau-Mexique.*
IMPORTANCE	Canada : aucun gisement d'intérêt économique au Canada, mais de vastes gisements aux États-Unis près de la frontière canadienne. Monde : 15 % à 20 % de la production et des réserves mondiales de cuivre; principalement dans quelques vastes districts tels que les zones cuprifères de la Zambie et du Zaïre; Lubin, Pologne; et Dzhezkazgan, U.R.S.S.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	**(6.3.a)** Très variables. 1,0 à 5,0 % de Cu et 1 à 30 g d'Ag/tonne; 5 à 500 millions de tonnes; le cobalt est un important sous-produit d'exploitation dans les zones cuprifères de la Zambie et du Zaïre. **(6.3.b)** 1 à 2 % de Cu et 1 à 30 g d'Ag par tonne, 1 à 10 millions de tonnes.
CADRE GÉOLOGIQUE	Roches sédimentaires continentales ou de milieu marin peu profond, déposées dans des conditions arides et semi-arides aux basses latitudes. On rencontre des évaporites dans le profil stratigraphique. **(6.3.a)** Des roches de milieu marin anoxique recouvrent des redbeds ou sont interstratifiées avec ceux-ci. **(6.3.b)** Des roches de milieux fluviatiles et lacustres anoxiques recouvrent des redbeds ou sont interstratifiées avec ceux-ci.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	**(6.3.a)** Argilites charbonneuses, microgrès, grès, marnes, calcaires et dolomies. **(6.3.b)** Grès charbonneux, conglomérats, argilites et microgrès.
ROCHES ASSOCIÉES	Red beds, évaporites.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Zones concordantes ou quasi-concordantes de sulfures disséminés, principalement tabulaires ou en nappes, mais aussi linéaires ou cylindriques. Les lits minéralisés ont typiquement une extension latérale de l'ordre de plusieurs kilomètres, et une épaisseur de 0,5 à 30 mètres. Les sulfures sont fréquemment zonés à la fois verticalement et latéralement, et montrent en totalité ou en partie la succession suivante (vers le haut et vers l'extérieur à partir de la base du corps minéralisé) : cuivre natif, chalcocite, bornite, chalcopyrite, galène, sphalérite, pyrite.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Chalcopyrite, bornite, chalcocite, cuivre natif, carrollite. *– Pyrite, autres sulfures, constituants communs des roches sédimentaires, tels que le quartz, les feldspaths, les carbonates, les argiles.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Protérozoïque inférieur (environ 2,25 milliards d'années) à Tertiaire. Seulement après la formation de red beds parfaitement identifiables.
ÂGE, MINERAI	Minerai contemporain des roches favorables, ou légèrement plus récent que celles-ci.
MODÈLE DIAGÉNÉTIQUE	Des saumures diagénétiques de subsurface (probablement dérivées d'évaporites) ont extrait le cuivre des roches ou sédiments du soubassement, l'ont transporté à travers des lits oxydés, puis l'ont précipité par réduction à l'intérieur de sédiments anoxiques. La pyrite diagénétique antérieurement formée était un élément réducteur commun.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Les successions sédimentaires de milieu aride continental et de milieu marin peu profond, aux basses latitudes. 2. Les sources de cuivre telles que les roches de fond ou sédiments cuprifères ou les deux. 3. Les red beds étendus, ou les réseaux aquifères oxydés et les roches favorables adjacentes, pyriteuses ou charbonneuses. Les sites typiques de formation du minerai sont différents dans les deux sous-types. **(6.3.a)** Base d'une unité transgressive marine importante recouvant des red beds; **(6.3.b)** parties inférieures perméables des cycles fluviatiles qui s'affinent vers le haut de la succession. 4. Zonation à grande échelle des sulfures (indiquant que les systèmes minéralisants représentaient des phénomènes d'envergure.
AUTEUR	R.V. Kirkham

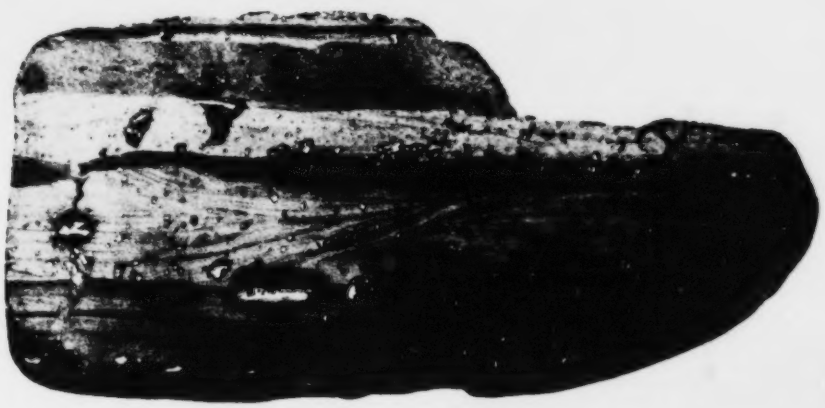


Figure 9. *6.3.a Gisement sédimentaire de cuivre (type des Kupferschiefer). Gisement de Redstone dans les Territoires du Nord-Ouest. Grainstone pâle typique, à grain fin, de type carbonaté limoneux, caractérisée par des rides ascendantes fines et des disséminations au hasard de chalcopyrite. La lentille de 12 mm de long (un peu au-dessous du centre) est un nodule de calcite, recouvert de chalcopyrite à son sommet. L'échantillon a 12 cm de long. Échantillon : R.V. Kirkham (CGC 203641-W).*

6.4 GISEMENTS D'URANIUM DANS DES GRÈS

PRODUITS	U (V, Mo, Se)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Gisement de Blizzard, Kelowna, Colombie-Britannique; Mountain Lake, Territoires du Nord-Ouest – *Mine Lucky Mac, Wyoming; mine Jackpile, Nouveau-Mexique.*
IMPORTANCE	Canada : Les gisements exploitables de Colombie-Britannique représentent moins de 2 % "des ressources raisonnablement garanties"* d'uranium. Monde : Ce type de gisement représente 40 % "des ressources mondiales raisonnablement garanties", et 54 % des "ressources additionnelles estimées"* mondiales d'uranium. Les quantités de V, Mo et Se contenues dans le minerai sont d'importance secondaire ou négligeable.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Canada : jusqu'à 4 000 tonnes de minerai dans les corps minéralisés, qui ont une teneur de 0,1 à 0,2 % d'U. Étranger : dans les gisements exploités, la gamme habituelle est de 1 000 à 10 000 tonnes de minerai d'uranium dans des gisements contenant 0,1 à 0,2 % d'U. De nombreux gisements contiennent moins de 1 000 tonnes, mais quelques-uns plus de 30 000 tonnes de minerai d'uranium. Certains gisements d'uranium de l'Ouest des États-Unis contiennent jusqu'à 1,5 % de V_2O_5, d'autres jusqu'à 0,2 % de Mo (dans de nombreux cas, la présence de Mo nuit à l'exploitation du minerai d'uranium.)
CADRE GÉOLOGIQUE	Principalement dans des bassins sédimentaires successifs fermés, proches de l'arrière-pays principalement continental, et contenant des roches granitiques ou des roches volcaniques felsiques, ou les deux. Généralement, les bassins renferment des successions sédimentaires clastiques post-dévoniennes contenant des tufs.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Roches sédimentaires continentales clastiques, principalement constituées de grès semi-indurés, et de conglomérats contenant de la matière charbonneuse.
ROCHES ASSOCIÉES	On rencontre généralement les tufs dans la succession sédimentaire. Dans les gisements de Blizzard et les gisements proches, les roches favorables reposent en discordance sur des roches ignées ou métamorphiques, ou les deux, et sont recouvertes par des basaltes de plateau.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	En général, les gisements ont la configuration suivante : (1) En rouleau (en forme de "c", vus en coupe transversale) (2) la forme d'une nappe, (3) la forme d'un empilement (nappes verticalement empilées, interreliées, ou colonnes presque verticales, et les types intermédiaires). Les gisement de Blizzard a une forme de nappe ou de ruban, et suit les cours d'anciennes rivières. Les minéraux exploitables se trouvent dans la matrice et les espaces poreux du grès constituant la roche favorable.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *minéraux associés*	Zone de réduction pechblende, coffinite *– Pyrite, marcasite, matière charbonneuse luisante et solide.* Zone d'oxydation Autunite, carnotite, tyuyamunite. *– Les minéraux argileux idiomorphes du feldspath, de la limonite, de l'hématite; matière charbonneuse terne et tendre* Dans les gisements de Blizzard et gisements proches, la saléeite et l'autunite prédominent, et l'on a déterminé la présence de ningyoïte.
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Principalement post-dévoniennes, plus fréquemment mésozoïques et tertiaires; de rares exemples dans les roches protérozoïques, p. ex. à Mountain Lake, T.N.-O.
ÂGE, MINERAI	Gisements plus récents que les roches encaissantes. Principalement mésozoïques et cénozoïques.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	L'uranium provenait, dans un milieu continental relativement aride, de roches ignées felsiques, à la fois dans la région source des sédiments et dans la succession constituant les roches favorables; l'uranium a été transporté sous forme oxydée dans les eaux souterraines, à travers les roches clastiques perméables, puis s'est déposé en rencontrant des conditions réductrices au contact d'un "front d'oxydo-réduction". Les produits réducteurs étaient généralement de la matière charbonneuse, des sulfures ou du méthane; les phosphates (p. ex. dans le gisement de Blizzard) et les vanadates ont aussi fixé l'uranium. L'activité bactérienne a probablement joué un rôle important pendant la première étape de lixiviation (pH bas, Eh élevé), puis pendant l'étape de fixation de l'uranium (bas Eh) le long des fronts "d'oxydo-réduction". Généralement, le gisement s'est formé pendant la diagénèse de la succession favorable. Un grand nombre de gens considèrent ces gisements comme génétiquement similaires aux gisements de type discordant (type 21).
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1) La zone d'interface située dans des lits gréseux et conglomératiques de type continental, faiblement consolidés, entre la zone d'oxydation (caractérisée par la présence d'hématite, de limonite, de minéraux argileux et de produits charbonneux ternes et tendres) et la zone de réduction (caractérisée par la présence de pyrite et d'autres sulfures, de feldspath, et de produits charbonneux luisants et durs). 2) Les lits minéralisés sont limités à leurs surfaces supérieure et inférieure, et parfois latéralement, par des strates imperméables. 3) Dans le cas de gisements de type "empilement", les failles ont joué un rôle important et facilité la circulation des produits réducteurs introduits ou des eaux uranifères. 4) La conservation de ces gisements a été favorisée, lorsque la déformation structurale était modérée (p. ex. lorsque le pendage était faible), et lorsque ces gisements étaient couverts par des strates imperméables (p. ex. argiles litées, strates volcaniques massives).
AUTEURS	V. Ruzicka, R.T. Bell

* "Ressources raisonnablement garanties" = réserves mesurées plus réserves théoriques
"Ressources additionnelles estimées" = réserves présumées plus ressources possibles
Voyez rapport EP 81-3, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1981

7. GISEMENTS D'OR DANS DES SÉDIMENTS D'ORIGINE CHIMIQUE

7.a Formations ferrifères dans des oxydes et carbonates

7.b Formations ferrifères contenant des sulfarséniures et des silicates

7.c Gisements stratiformes de pyrite

7.d Gisements contenant des sulfures et du chert

PRODUITS	Au (Ag, Cu)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	**(7.a)** Districts de Geraldton et Pickle Crow, Ontario – *Vubachikwe, Zinbabwe* **(7.b)** Mine Lupin, Contwoyto Lake, T.N.-O. – *Homestake, South Dakota* **(7.c)** Doyon-Silver Stack, Dumagami, Eagle et Montauban, Québec – *Morro Velho, Brésil; Sons of Gwalia, Leonora District, Australie* **(7.d)** Detour Lake, Ontario
IMPORTANCE	Canada : On estime que les sous-types 7.a et 7.c représentent 12 à 13 % de la production d'or cumulative totale du Canada. De futurs producteurs d'importance notable (faisant actuellement l'objet de travaux de mise en valeur) sont les gisements de la formation ferrifère à silicates-sulfarséniures (7.b) et les sous-types à sulfures et chert (7.d). Monde : la production de la mine Homestake représente actuellement 25 % de l'or extrait aux États-Unis.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Les gisements les plus importants contiennent 6 à 17 g d'Au par tonne et 1 à 5 millions de tonnes de minerai. Detour Lake contiendrait au moins 25 millions de tonnes de minerai caractérisé par une teneur moyenne de 4,3 g d'Au/tonne et aussi 0,20 % de Cu et 5,1 g d'Ag tonne.
CADRE GÉOLOGIQUE	Principalement dans les zones de roches vertes archéennes près d'une importante transition entre des roches volcaniques et sédimentaires. La formation à sulfarséniures et silicates de fer, du sous-type 7.b, apparaît dans des terrains principalement sédimentaires, tandis que le gisement de Detour Lake, du sous-type à chert et sulfures, se trouve dans des terrains surtout volcaniques.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	**(7.a)** Formations à carbonates et oxydes de fer. **(7.b)** Formations à sulfarséniures et silicates de fer. **(7.c)** Unités de pyrite massive à disséminée, dans des roches tufacées et agglomérats de type felsique à mafique; en partie, formation ferrifère sulfurée (mine Eagle, Morro Velho). La mine Eagle est une succession purement sédimentaire (microgrès, argiles litées, cherts). **(7.d)** Strates à cherts et sulfures.
ROCHES ASSOCIÉES	**(7.a)** Roches volcaniques mafiques, roches métasédimentaires incluant des grauwackes et des arkoses. **(7.b)** Roches métasédimentaires comprenant des argiles litées, des microgrès, des grauwackes et des unités sédimentaires riches en amphiboles. **(7.c)** Diverses roches métavolcaniques et métasédimentaires précambriennes. **(7.d)** Detour Lake; laves tholéiitiques en coussins, unité de tufs intermédiaires, et un filon-couche ultramafique (?).
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Gisement stratiforme. Minéralisation en partie disséminée uniformément dans les unités favorables, et en partie située dans des filons quartzeux mineurs irrégulièrement distribués ou montrant un contrôle structural systématique. Généralement, les gisements présentent des zones d'épaississement et de remobilisation structurale dans les charnières des plis. Les sous-types pyriteux stratiformes contiennent des sulfures disséminés à massifs.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Or natif, tellurures d'Au dans certains gisements, chalcopyrite à Detour Lake *– Pyrite, arsénopyrite, pyrrhotine, magnétite, hématite, quartz, carbonates; de la loellingite, de la cummingtonite et d'autres amphiboles apparaissent principalement dans le sous-type 7.b*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	En général d'âge Archéen; à Montauban au Québec, Aphébien ou Hélikien.
ÂGE, MINERAI	Contemporain des roches favorables; peut-être plus récent dans certains cas.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Insuffisamment étudié. Dans la cas du sous-type 7.b et particulièrement du sous-type 7.c (mine Eagle, Morro Velho), l'or a peut-être subi une précipitation syngénétique dans des sédiments chimiques. Une grande partie des constituants chimiques ont probablement été introduits par des exhalations hydrothermales. Dans d'autres cas, comme ceux des gisements de Geraldton et de Detour Lake, l'or a été soit localement redistribué, soit introduit à partir d'une source distante, et s'est déposé dans des strates chimiquement favorables.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	Surtout dans des zones de roches vertes archéennes. On note la présence de formations ferrifères, surtout dans les faciès à carbonates et oxydes, sulfures, ou sulfures-silicates (± arséniures), avec ou sans chert.
AUTEURS	R.I. Thorpe, J.M. Franklin

8. GISEMENTS D'OR DANS DES SÉDIMENTS CLASTIQUES

8.1 GISEMENTS D'OR DANS DES ARGILES LITÉES CHARBONNEUSES ET DES CARBONATES (TYPE DE CARLIN)

PRODUITS	Au (As, Hg, Ag, SB, Tl)
EXEMPLES : **Canadiens – *étrangers***	*– Carlin, Getchell, Cortez, Gold Acres, Jerrett Canyon et autres, tous au Nevada*
IMPORTANCE	Canada : des gisements incontestablement de ce type n'ont pas encore été identifiés au Canada, mais pourraient exister. Monde : Principaux producteurs actuels et anciens au Nevada; les gisements de ce type seront d'importance croissante aux U.S.A., en raison des récentes découvertes faites au Nevada.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Canada : pas de données. À l'étranger : On connaît un certain nombre de gisements individuels d'environ 5 millions de tonnes. La mine Carlin (au Nevada) a produit environ 10 millions de tonnes dans 3 gisements, et possède des réserves d'environ 6 millions de tonnes. La teneur se situe entre 1 et 10 g d'Au/tonne.
CADRE GÉOLOGIQUE	Les roches favorables des gisements du Nevada se sont déposées dans des milieux transitionnels entre une plate-forme continentale et un bassin, caractérisés par une sédimentation lente. Actuellement, ces roches sont allochtones dans des copeaux de charriage. Près d'un grand nombre de gisements, elles ont été traversées par des plutons felsiques tertiaires, dans le cadre structural et volcanique de la Province tectonique à horsts et graben.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Successions fortement charbonneuses d'argiles litées interstratifiées avec des carbonates, en partie pâlies et altérées, qui comprennent à la fois des cherts lités noirs et des cherts de substitution. L'altération s'est traduite par la décarbonatisation, la silicification, l'argilisation, la pyritisation, la redistribution et la concentration locale du carbone, et à proximité de la surface, par une lixiviation acide et des effets d'oxydation.
ROCHES ASSOCIÉES	Granodiorite et autres roches plutoniques felsiques, dykes felsiques altérés, et skarns.
CONFIGURATION DE GISEMENT DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Dans la plupart des cas, corps stratoïdes, généralement tabulaires, irréguliers à petite échelle. Plusieurs zones minéralisées sont transgressives (Getchell) et représentent des concentrations d'or associées à des produits charbonneux abondants dans les zones faillées. Les sulfures sont sporadiquement disséminés dans la plupart des cas. À Getchell, on note la présence de réalgar et d'orpiment relativement massifs.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables ***– Minéraux associés***	Or natif *– Pyrite, arsénopyrite, stibnite, réalgar, orpiment, minéraux rares composés du thallium; constituants communs des successions d'argiles litées et carbonates, comme la calcite, la dolomite, les minéraux argileux, les cherts, des produits charbonneux, et quelques minéraux d'altération.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Cambrien à Dévonien.
ÂGE, MINERAI	Certains gisements sont peut-être d'âge Mésozoïque, d'autres d'âge Tertiaire.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	L'enrichissement syngénétique ou diagénétique en or des sédiments fortement charbonneux est considéré comme important, dans une certaine mesure parce que la série caractéristique d'éléments semble indiquer une source riche en carbone. Dans la plupart des cas, on a identifié une redistribution ou une concentration hydrothermales, ou les deux, en rapport avec l'activité épithermale créée par des plutons felsiques de petites dimensions au Mésozoïque et au Tertiaire. Il y a peut-être eu redistribution ultérieure de l'or pendant l'oxydation proche de la surface et le retrait des produits charbonneux.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Les carbonates très charbonneux ou les successions d'argiles litées et de carbonates sont peut-être le principal élément déterminant de la minéralisation. 2. La présence de petits plutons felsiques a pu donner lieu à une activité géothermique. 3. D'autres indicateurs favorables pourraient être : la présence de chert noir; de réalgar et d'orpiment; de stibnite; et la minéralisation en barytine ou tungstène dans l'ensemble de la zone. 4. On considère la présence d'anomalies géochimiques relatives à As et Hg (et dans certains cas Tl, et Sb) comme très favorables.
AUTEUR	R.I. Thorpe

8.2 GISEMENTS D'OR DANS DES FILONS ET ZONES DE CISAILLEMENT À L'INTÉRIEUR DE TURBIDITES

PRODUITS	Au (Ag, W)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Districts contenant des filons aurifères dans le groupe de Méguma, N.-É.; filons et zones de cisaillement minéralisées dans le supergroupe de Yellowknife, T.N.-O. et dans la province du lac Supérieur – *Districts de Ballarat et Bendigo, en Australie*
IMPORTANCE	Canada : production actuelle limitée, venant de l'exploitation de gisements archéens. Quarante-sept districts de la Nouvelle-Écosse ont produit au total 35 millions de grammes d'or (1 134 000 onces). Monde : Gisements historiquement importants dans les districts de Ballarat et Bendigo en Australie, représentant environ 12 % de la production totale de l'Australie jusqu'à présent.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Canada : la plus vaste district de la Nouvelle-Écosse (Goldenville) a produit 550 000 tonnes d'une teneur de 12 g/tonne. D'autres districts ont généralement produit moins de 200 000 tonnes à des teneurs du même ordre ou légèrement plus élevées.
CADRE GÉOLOGIQUE	Dans des successions de turbidites déposées sur des pentes continentales ou dans des fosses sous-marines ou des bassins marins profonds.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Successions de grauwackes et d'argiles litées.
ROCHES ASSOCIÉES	Roches plutoniques granitiques du Dévonien en Nouvelle-Écosse.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Filons concordants avec le litage, filons croiseurs, voûtes anticlinales (quartz filonien concordant à discordant dans les charnières des plis); tous les gisements tendent à se concentrer à l'emplacement des axes ou près des axes des principaux plis. Or natif disséminé dans le quartz, ou associé à de l'arsénopyrite et à d'autres sulfures subordonnés. Les filons montrent un certain degré de déformation.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Or natif. – *Arsénopyrite, quantités mineures de pyrite, de galène, de pyrrhotine et d'autres sulfures, quartz, chlorite*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Ordovicien inférieur en Nouvelle-Écosse, Silurien en Australie. Archéen dans le cas de quelques petits gisements proches de Yellowknife, T.N.-O., et de quelques gisements de la province du lac Supérieur.
ÂGE, MINERAI	Probablement Dévonien en Nouvelle-Écosse et en Australie. Archéen dans les T.N.-O.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Le dépôt de l'or est en rapport avec l'existence de structures de dilatation. On n'a pas établi avec certitude la source de l'or; celui-ci a peut-être été enlevé à des argiles litées associées de type charbonneux, sulfuré, arsénié. Les granites dévoniens ont peut-être joué un rôle important dans la mobilisation de l'or des gisements de Nouvelle-Écosse. Seules de petites intrusions de diorite et de gabbro, probablement sans rapport avec les gisements, ont été identifiées dans les districts de Ballarat et Bendigo en Australie.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	Les masses et filons aurifères sont nettement déterminés par des zones de dilatation constituées durant la déformation (formation de plis ouverts redressés et de failles et fractures associées, en Nouvelle-Écosse). Les roches sédimentaires associées du type charbonneux, sulfuré et arsénié jouent probablement un rôle important.
AUTEUR	R.I. Thorpe

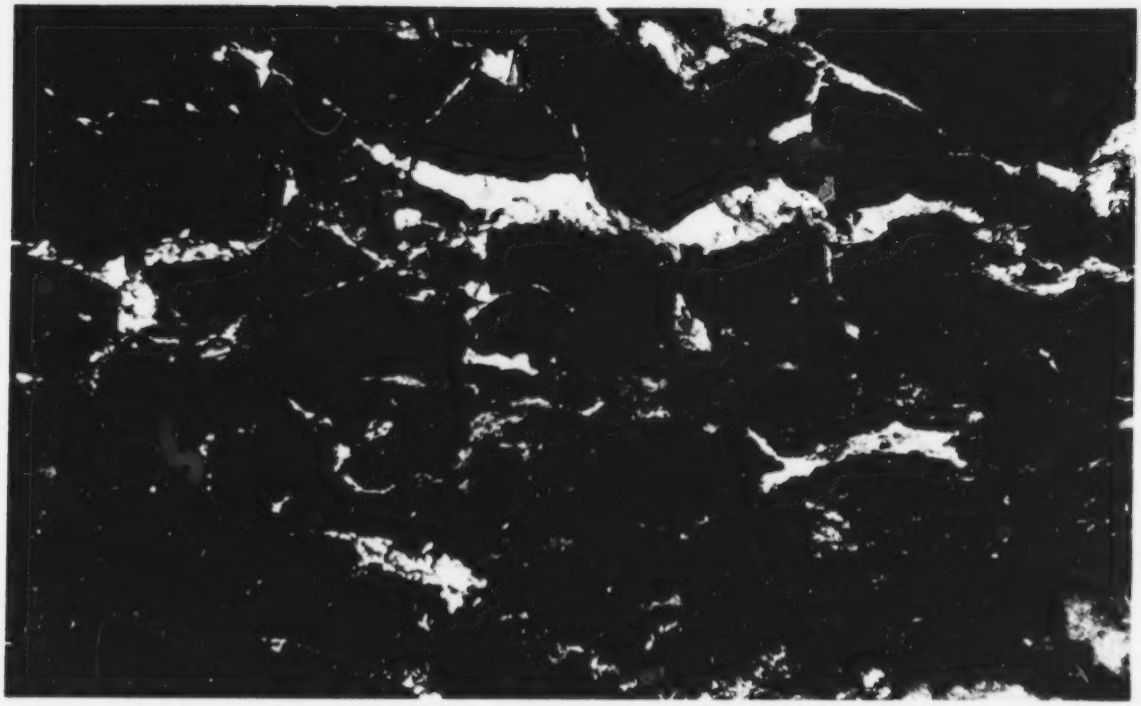


Figure 10. *9.1 Sulfures massifs associés à des roches volcaniques. Mine Millenbach, Noranda, Québec. Minerai de pyrite-chalcopyrite (blanc dans la photographie) dans un stockwerk (veinules) à l'intérieur d'un porphyre quartzo-feldspathique chloritisé (de couleur sombre) à environ 3 m au-dessous du minerai massif de la lentille nº 14. Le champ visuel a environ 1,5 m de large. Photo : John W. Lydon (CGC 203886-I).*

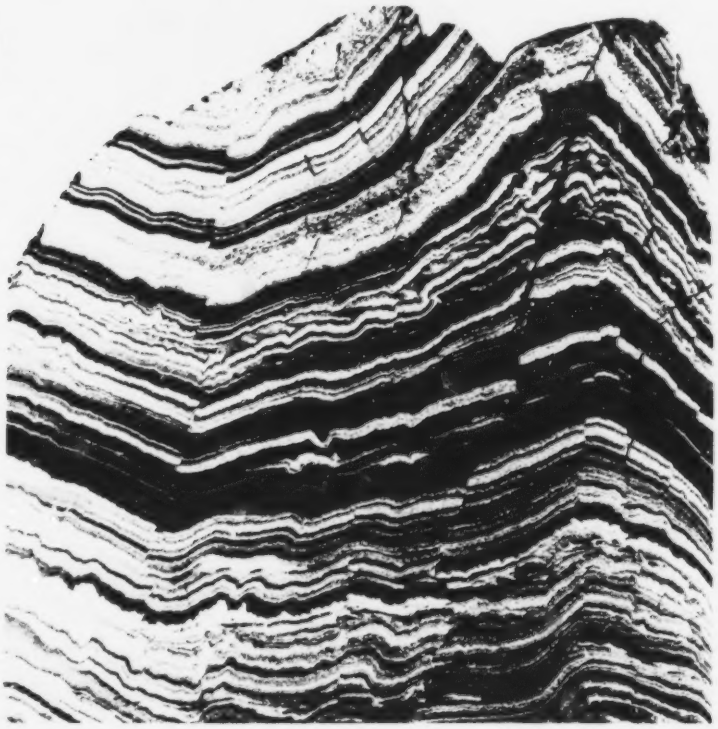


Figure 11. *Gisement sédimentaire de sulfures. Gisement XY, Howard's Pass, Yukon. Minerai pyriteux dans un chert carboné, avec de minces laminations alternées de sphalérite et de galène, de la pyrite framboïdale, du chert et une pélite cherteuse (les sulfures sont blancs, les couches de chert sont brunes); le champ visuel a 8 cm de large. Photo : I.R. Jonasson (CGC 204083-5).*

9. GISEMENTS STRATIFORMES DE SULFURES ET BARYTINE

9.1.a Gisements de cuivre-zinc
9.1.b Gisements de zinc-plomb-cuivre

PRODUITS

(9.1.a) Cu, Zn, Ag, Au (Pb, Cd, Sn)
(9.1.b) Zn, Pb, Cu, Ag (Au, barytine, Cd, Sn, Sb, Bi)

EXEMPLES :
Canadiens – *étrangers*

(9.1.a) Mine Flin Flon, Man-Sask.; mine Kidd Creek, Ontario; mines Millenbach et Horne, Québec; mines York Harbour et Betts Cove, Terre-Neuve – *Gisements calédoniens de Norvège, par exemple mines Lokken et Skorovas; gisements de Chypre, par exemple Agrokipia.*
(9.1.b) Brunswick No. 12, N.-B., Western Mines, C.-B.; Buchans, Terre-Neuve – *gisements de Kuroko, par exemple mine Matsumine, Japon; gisements de la zone pyriteuse d'Espagne et du Portugal, par exemple mine d'Aljustrel.*

IMPORTANCE

(9.1.a) En 1977 et 1978, 28 % du cuivre, 41 % du zinc, 39 % de l'argent et 7,5 % de l'or produits au Canada provenaient de ce type de gisement. À elle seule, l'exploitation de la mine de Kidd Creek représentait 18 % de la production canadienne d'argent.
(9.1.b) En 1977 et 1978, 22 % du zinc, 27 % du plomb, 2,5 % du cuivre et 19 % de l'argent produits au Canada provenaient de ce type de gisement.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

(9.1.a) Le tonnage moyen du minerai extrait de 52 gisements de la zone d'Abitibi représente 9,2 millions de tonnes, contenant en moyenne 1,47 % de Cu, 3,43 % de Zn, 0,07 % de Pb, 31,7 g d'Ag par tonne et 0,81 g d'Au/tonne. Excepté celui des deux "colosses", Kidd Creek et Horne, le tonnage moyen extrait de 50 gisements représente 3,98 millions de tonnes de minerai, de teneur moyenne approximativement égale. Le tonnage moyen du minerai de 38 gisements calédoniens de Norvège représente 3,46 millions de tonnes, contenant en moyenne 1,41 % de Cu, 1,53 % de Zn, 0,05 % de Pb (on ne dispose pas de données sur les taux de métaux précieux.)
(9.1.b) Le tonnage moyen extrait de 29 gisements de Bathurst au Nouveau-Brunswick est de 8,70 millions de tonnes contenant en moyenne 0,56 % de Cu, 5,43 % de Zn, 2,17 % de Pb, 60,03 g d'Ag/tonne et 0,47 g d'Au/tonne. À l'exception de la mine "colossale" Brunswick No. 12, le tonnage moyen se réduit à 5,72 millions de tonnes. Le tonnage moyen extrait des 25 gisements principaux de Kuroko dans la zone des tufs verts du Japon est de 5,81 millions de tonnes, de teneur moyenne 1,63 % du Cu, 3,86 % de Zn, 0,92 % de Pb, 12,17 g d'Ag/tonne, et 0,37 g d'Au/tonne.

CADRE GÉOLOGIQUE

(9.1.a) Successions volcaniques sous-marines, principalement mafiques, par exemple zones de roches vertes, séquences ophiolitiques.
(9.1.b) Séquences volcaniques sous-marines, généralement de composition bimodale mafique-felsique, situées sur la croûte continentale. Les roches sédimentaires sous-marines constituent habituellement plus de 40 % de la succession totale.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

(9.1.a) Séquences volcaniques tholéiitiques ou calco-alcalines. Les gisements sont généralement groupés autour des centres de volcanisme felsique.
(9.1.b) Roches volcaniques felsiques principalement non alcalines, et roches sédimentaires clastiques argileuses à arénacées.

ROCHES ASSOCIÉES

Dômes rhyolitiques; brèches d'explosion phréatique; roches sédimentaires dérivées de roches volcaniques, y compris des coulées de débris et des grauwackes; roches sédimentaires chimiques comprenant des cherts sulfurés, des oxydes de fer, des oxydes de manganèse; des argilites carbonées. Le mur, et dans une certaine mesure le toit stratigraphique des gisements caractérisés par une zone d'écrasement contiguë à nombreux filonnets minéralisés, ont subi une altération hydrothermale et montrent divers degrés de métasomatisme avec apport de Mg, Si, K, Ca et Na.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

Corps sulfurés massifs principalement pyriteux, lenticulaires ou en couches tabulaires concordantes, ou de configuration intermédiaire, recouvrant habituellement des volumes très variables de minerai sulfuré en filonnets discordants, ainsi que la roche encaissante altérée par des solutions hydrothermales. Dans les gisements non métamorphisés, le minerai massif est habituellement très fin. Les corps sulfurés massifs, lenticulaires ou en forme de dôme, sont plus typiquement massifs, blocailleux ou bréchiformes, et souvent entourés d'une étendue plate de sulfures massifs de type "clastique", grossièrement stratifiés. Les corps tabulaires sont très souvent laminés ou stratifiés et d'apparence concordante.

Les minerais métalliques présentent une zonation concentrique typique, dirigée vers l'extérieur à partir du noyau de la zone d'écrasement à nombreux filonnets, et vers le haut et l'extérieur à partir du contact entre le réseau de filonnets et le minerai massif. Dans le cas de
(9.1.a) cpy + po ± mag → py → sphal
(9.1.b) cpy + py ± po → sphal + gal → barytine
Plusieurs gisements de Cu-Zn (9.1.a) comportent une zone bien déterminée de métasomatisme (généralement chloriteuse) avec apport de Mg, qui coïncide avec le noyau de la zone du réseau de filonnets sulfurés, et qui passe progressivement vers l'extérieur à un assemblage altéré de nature plus potassique. Les études de l'altération des gisements de Kuroko, et les observations sur plusieurs autres gisements de Zn-Pb-Cu (9.1.b), faites par deux des auteurs (JMF, DFS) indiquent l'existence d'une zone centrale de silicification et d'altération potassique, et d'une zone périphérique d'altération chloriteuse.

MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *minéraux associés*

(9.1.a) Sphalérite, chalcopyrite, galène
– Pyrite, pyrrhotine, bornite, magnétite, sulfosels, argent natif, cassitérite
(9.1.b) Sphalérite, galène, chalcopyrite
– Pyrite, pyrrhotine, hématite, magnétite, sulfosels, barytine, gypse.
– Les produits silicatés d'altération hydrothermale sont en particulier le quartz, la chlorite, la smectite, la séricite, et

les carbonates de fer, de calcium et de magnésium. Dans les gisements fortement métamorphisés, les assemblages résultant de l'altération sont représentés par la cordiérite, l'anthophyllite, la biotite, le talc, la cyanite, la séricite, les grenats, la staurolite et la gahnite.

ÂGE, ROCHES FAVORABLES

Entre 3,7 milliards d'années et la période actuelle. Au Canada, la production minière vient surtout des gisements d'âge Archéen (2,65-2,75 milliards d'années), Aphébien (1,7-1,9 milliard d'années) ou Cambrien-Ordovicien.

ÂGE, MINERAI

Contemporain des roches favorables.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

Le dépôt a eu lieu sur le fond marin, ou au-dessous de celui-ci, à partir de solutions émises par des systèmes hydrothermaux marins de température élevée. Les sites d'émissions des solutions minéralisées étaient déterminés par des fractures. L'intrusion et l'extrusion des produits ignés en fusion, en particulier des produits de composition felsique, ont souvent suivi les mêmes réseaux de fractures. La composition des solutions hydrothermales, et par suite la composition du gîte minéral, ont été régies par l'assemblage minéral et par la température du réservoir hydrothermal. Donc, le sous-type 9.1.a se rattache aux assemblages de minéraux ferromagnésiens et feldspathiques des roches mafiques, tandis que le sous-type 9.1.b se rattache aux assemblages de minéraux feldspathiques-micacés-argileux des sédiments ou des roches felsiques, ou des deux. La teneur en cuivre relativement élevée des gisements sulfurés massifs associés à des roches volcaniques, par rapport aux gisements sédimentaires (sous-type 9.2) est régie par la température plus élevée (approximativement >250 °C) des solutions hydrothermales dans le premier cas. Après leur dépôt initial, les amas de sulfure massifs peuvent être transportés mécaniquement en aval de la zone d'émission.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

1. Le long de fractures synvolcaniques, dans des successions de roches volcaniques sous-marines.
2. À l'intérieur ou autour de centres de volcanisme felsique.
3. Dans un district donné, les gisements tendent à se concentrer dans un horizon stratigraphique spécifique.
4. Les gisements tendent à se grouper et à former des ensembles de 20 à 40 kilomètres de diamètre.
5. Altération hydrothermale des roches favorables : a) métasomatisme magnésien intense de la zone de mur immédiatement adjacente, b) silicification latérale de l'horizon minéralisé, c) peut-être zone étendue de retrait de Na, dans la succession du mur stratigraphique, d) peut-être addition de Na dans la zone de toit, immédiatement au-dessus du gisement.
6. Roches volcaniques pyroclastiques dans la zone proximale du mur stratigraphique

AUTEURS

J.W. Lydon, J.M. Franklin, D.F. Sangster

(Voyez planches 6, 7, 8 pages 8, 9)

9.2 GISEMENTS SÉDIMENTAIRES DE SULFURES

PRODUITS

Zn, Pb, Ag, barytine (Cd, Cu, Sn)

EXEMPLES :
Canadiens – *étrangers*

Sullivan Cirque, C.-B.; Faro, Howards Pass, Tom et Jason, Yukon; Walton en Nouvelle-Écosse est probablement un gisement de ce type, comparable à celui de Silvermines en Irlande. – *Balmat, New York; Broken Hill, Mont Isa et McArthur River, Australie; Broken Hill et Gamsberg, Afrique du Sud; Rammelsberg et Meggen, Allemagne de l'Ouest; Silvermines et Tynagh, Irlande*

IMPORTANCE

Canada : en 1977-1978, 16 % du zinc, 45 % du plomb et 10 % de l'argent produits au Canada provenaient de ce type de gisement. Ces proportions augmenteront probablement à l'avenir.
Monde : actuellement, la majeure partie des réserves mondiales de zinc et de plomb se trouvent dans des gisements de ce type, en Australie, au Canada et en Afrique du Sud.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

Gamme de tonnages (et moyenne pondérée) de 38 gisements du monde, cités à titre d'exemples : 4 à 550 (moyenne 60) millions de tonnes; 0,6 % à 18 % (moyenne 7,3 %) de Zn; 0,3 % à 13 % (moyenne 4,0 %) de Pb; 0 à 1,0 % (moyenne 0,1 %) de Cu; des traces à 180 g/tonne (moyenne 48 g/tonne) d'Ag. Certains gisements contiennent de vastes réserves de barytine associée à des minerais sulfurés; par exemple la mine de Walton, en N.-É. (maintenant fermée) a produit environ 4 millions de tonnes de $BaSO_4$. Le mine de Meggen en Allemagne a produit environ 7 millions de tonnes de $BaSO_4$. Les gisements du district d'Anvil (par exemple Faro), Tom et Jason au Yukon, et Cirque en Colombie-Britannique contiennent des quantités substantielles de barytine.

CADRE GÉOLOGIQUE

Gisements situés à l'intérieur de bassins sédimentaires de second ordre, souvent à contrôle tectonique (failles d'extension), situés sur une pente océanique, une plate-forme continentale, ou un bassin marin intracontinental.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

Roches sédimentaires clastiques de milieu marin profond (argiles litées, microgrès, turbidites fines à grossières), lithofaciès de bassins sédimentaires à faible remplissage (argiles litées carbonées à siliceuses, cherts), lithofaciès de milieu marin peu profond (argiles litées calcaires, carbonates).

ROCHES ASSOCIÉES

Brèches et conglomérats sédimentaires, en particulier au niveau du mur stratigraphique; talus d'escarpement de faille synsédimentaire. La zone sulfurée peut être recouverte par des sédiments chimiques ou passer latéralement à ces sédiments, en particulier composés de chert et de barytine. On a identifié dans les roches favorables de certains gisements des quantités subordonnées de roches volcaniques, en particulier de tufs. La zone discordante de filons nourriciers peut être silicifiée, carbonatisée ou tourmalinisée. L'accroissement de l'activité biologique à proximité des évents hydrothermaux est parfois indiquée par une augmentation des taux de carbone, de silice et de phosphore des roches associées.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

Les niveaux interstratifiés et concordants de roches sulfurées et de roches favorables constituent des corps minéralisés, dont l'extension latérale est de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de fois supérieure à la puissance. Les minerais présentent une stratification typique de quelques microns à plusieurs centimètres d'épaisseur. Les lits sulfurés individuels contiennent souvent un seul minéral. Dans de nombreux gisements, on a identifié des "zones de filons nourriciers" relativement petites, caractérisées par une minéralisation discordante à stratiforme. Les rapports Pb/Zn, Cu/Zn, Zn/Ba de la minéralisation stratiforme diminuent en général à partir de la zone des filons nourriciers.

MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables
– Minéraux associés

Sphalérite, galène, barytine
– Quartz, pyrrhotine, pyrite, chalcopyrite, marcasite, arsénopyrite, sulfosels, cassitérite

ÂGE, ROCHES FAVORABLES

Canada : Sullivan, 1,43 milliards d'années; nord de la C.-B. – Yukon, 0,55–0,34 milliards d'années; Australie, Afrique du Sud, 2,0-1,7 milliards d'années; Europe, 0,38–0,36 milliards d'années.

ÂGE, MINERAI

Contemporain des roches favorables.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

Le dépôt des minerais a eu lieu dans un milieu de lagune saumâtre, à l'intérieur d'un bassin de second ordre. Généralement, la température d'émission des fluids a été inférieure à celle des gisements associés à des roches volcaniques (9.1), c'est-à-dire probablement comprise entre 150 et 250 °C. L'activité hydrothermale est associée à l'activité tectonique, qui s'est manifestée par des failles d'extension, des brèches d'effondrement, etc. Certains gisements peuvent être le résultat d'une émission de produits à basse température, ou du cheminement des eaux stratafuges (expulsées des assises sédimentaires sous-jacentes par compaction de celles-ci) dans un milieu euxinique de bassin sédimentaire à faible taux de remplissage.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

1. La majorité des gisements sont associés dans l'espace à des bassins intracontinentaux ou de marge continentale – habituellement d'épaisses successions de roches sédimentaires clastiques.
2. Les bassins de second ordre sont des objectifs essentiels d'exploration, et sont identifiés d'après les faciès lithologiques locaux de type supplémentaire ou allochtone par rapport à la succession lithologique régionale, et par des variations latérales rapides des faciès.
3. Indices d'une activité tectonique synsédimentaire : failles d'extension, talus d'escarpement de faille, brèches d'éboulement et d'effondrement. La zone tectoniquement active représente parfois une réactivation des failles du soubassement.
4. Indices d'une activité géothermique synsédimentaire : présence de roches volcaniques dans la succession, habituellement coulées locales ou minces horizons de tufs; présence d'autres sédiments chimiques d'origine hydrothermale (par exemple, chert, barytine, sédiments enrichis en fer et manganèse), ou d'origine biogénique et résultant de l'activité hydrothermale (par exemple sédiments enrichis en carbone, phosphore et silice).

AUTEURS

J.W. Lydon, D.F. Sangster

(Voyez planche 9, page 9)

9.3 GISEMENTS SÉDIMENTAIRES DE BARYTINE

PRODUITS	Barytine
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Gisements de Cathy, Oro et Tea, Yukon; Sulphur Creek, C.-B. – *Battle Mountain*, Nevada
IMPORTANCE	Canada : aucune production actuelle au Canada, mais un vaste potentiel dans des roches ordoviciennes à mississippiennes caractéristiques de faciès sédimentaires profonds, dans le nord de la Colombie-Britannique et dans le Territoire du Yukon. Monde : Cette série lithologique s'étend de l'Arctique à Mexico, et contient les gisements les plus importants de barytine des États-Unis, y compris la région de Battle Mountain, dont on a extrait 1,7 million de tonnes en 1979, soit 23 % de la production mondiale de barytine.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	1 à plus de 10 millions de tonnes de minerai de $BaSO_4$ de teneur comprise entre 30 % et 90 %. Le gisement de la mine Tea contiendrait plus de 75 000 tonnees de barytine prêtes à l'expédition. Le gisement de la mine Cathy contiendrait des réserves beaucoup plus vastes de minerai de $BaSO_4$, de teneur 50 %.
CADRE GÉOLOGIQUE	Bassins sédimentaires marins principalement épicontinentaux.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Roches de faciès sédimentaires marins profonds, avec en particulier des argilites siliceuses, carbonées et calcaires, et des arénites et roches de composition intermédiaire.
ROCHES ASSOCIÉES	Autres sédiments chimiques, en particulier cherts et roches carbonatées.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Corps concordants, lenticulaires à tabulaires. Généralement les minerais sont massifs ou interstratifiés avec des cherts, des calcaires ou d'autres types de roches favorables. Les caractéristiques texturales communes sont une granulométrie fine et une lamination fine parallèle au litage. On rencontre souvent des nodules ou rosettes de barytine dans les lits de faible teneur.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Barytine *– Quartz, calcite, et autres minéraux communs des roches sédimentaires; carbonate de baryum, aluminosilicates de baryum.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Les roches sédimentaires ordoviciennes à mississippiennes de l'ouest de l'Amérique du nord (de l'Arctique au Mexique) contiennent pour la plupart des réserves théoriques connues de barytine. À l'échelle globale, les manifestations vont de l'Archéen (groupe de Fig Tree, Afrique du Sud >3,2 Ga) à l'époque actuelle (sur le fond des océans modernes, par exemple, dans le bassin de Guayamas).
ÂGE, MINÉRAI	Contemporain des roches favorables.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	1. La plupart des gisements ayant un potentiel économique (c'est-à-dire une teneur élevée) sont d'épaisses lentilles localisées. On a interprété la formation de ces lentilles comme étant due au dépôt de barytine à proximité de sources de température modérée (probablement <100 °C), ou au cheminement d'eaux souterraines; les sulfates d'origine marine auraient fixé le baryum transporté par les eaux de source. 2. D'après un autre modèle possible de la formation des lits ou lentilles de forte teneur, il y aurait eu concentration mécanique de la fraction lourde contenant la barytine par remaniement ou érosion et triage d'une source à faible contenu de barytine, comme cela a été suggéré pour les gisements du supergroupe du Karoo, en Afrique du Sud. 3. On a aussi suggéré que certain gisements de barytine se sont formés par oxygénation d'eaux marines contenant du baryum dans des bassins euxiniques, durant des variations climatiques à l'échelle globale; ces variations auraient favorisé le dépôt synchrone de barytine sur de vastes étendues. Ce modèle convient probablement mieux aux gisements de grande extension latérale, souvent minces ou de faible teneur.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1.* Comme pour les gisements sédimentaires sulfurés stratiformes. Dans les bassins sédimentaires de second ordre, déterminés par des éléments structuraux, en particulier par des linéaments d'origine structurale ou tectonique qu'indiquent de rapides variations lithologiques, par des brèches de talus à la base des escarpements de faille, par des structures de glissement, etc. La présence d'autres sédiments chimiques, par exemple de cherts, sulfures ou de carbonates, est un indice positif. 2.* Stratigraphiquement au-dessus de lacunes stratigraphiques dues à l'érosion, dans les roches-mères du minerai de barytine. 3.* Gisements situés dans le même horizon stratigraphique et dans des roches de même lithologie que les gisements connus de barytine. Les indices de variations soudaines de l'environnement chimique passant de réducteur à oxydant, sont une indication positive; citons par exemple le passage de sédiments carbonés à des sédiments calcaires; l'augmentation de l'activité biologique, indiquée par un accroissement de la teneur en phosphates des roches sédimentaires.
AUTEURS	J.W. Lydon, K.R. Dawson

(voyez planche 10, page 10)

* Référez-vous au modèle génétique.

10. GISEMENTS DE CUIVRE DANS DES RED BEDS D'ORIGINE VOLCANIQUE

PRODUITS	Cu (Ag)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Sustut, C.-B.; White River, Yukon; région de Coppermine River, T.N.-O.; Mamainse Point, Ontario. – *Péninsule de Keweenaw, Michigan; Boléo, Mexique; Jardin and Buena Esperanza, Chili*
IMPORTANCE	Canada : aucune production actuelle, mais ces gisements pourraient fournir un faible pourcentage de la production canadienne de cuivre. Monde : Aux États-Unis, de 1845 à 1885, ces gisements cuprifères étaient le type le plus important (dans la péninsule de Keweenaw). Ils sont généralement d'importance secondaire à l'heure actuelle.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	0,6 à 4,0 % du Cu; 1 à 10 millions de tonnes. Le gisement de Sustut en Colombie-Britannique est légèrement plus vaste; quelques-uns des gisements de la péninsule de Keweenaw contenaient plus de 50 millions de tonnes de minerai.
CADRE GÉOLOGIQUE	Successions volcaniques de caractère continental à marin peu profond, déposées à des latitudes basses ou peut-être intermédiaires, et dans des milieux désertiques à semi-arides. Les gisements apparaissent surtout dans des successions de coulées basaltiques continentales liées à la formation de fossés d'effondrement (rifts), mais aussi dans des séquences typiques d'arcs insulaires et continentaux.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Coulées amygdaloïdes, tufs et brèches mafiques à felsiques; et roches sédimentaires clastiques interstratifiées, de provenance locale, carbonées (conglomérats, grès et microgrès).
ROCHES ASSOCIÉES	Diverses roches volcaniques, en particulier des basaltes amygdaloïdes et des roches sédimentaires interstratifiées. Des variétés rougeâtres, oxydées, sont typiquement présentes dans la succession. Des évaporites et minces calcaires marins lités sont aussi présents par endroits.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Configuration très variable. Les plus vastes gisements tendent à être concordants ou presque concordants, et à suivre des terrains de lithologie spécifique, tels que les brèches amygdaloïdes du sommet des coulées; des tufs et brèches pyroclastiques; et des conglomérats, grès carbonés et microgrès interstratifiés. De nombreux gisements se présentent sous forme de filons ou de zones d'écrasement à nombreux filonnets irréguliers minéralisés, à l'intérieur de fissures, failles et brèches tectoniques. Dans certains gisements, les zones concordantes se prolongent sur de courtes distances à partir des zones de filonnets transversales. Les minéraux exploitables se présentent sous forme de disséminations, de filonnets, de lentilles et d'accumulations irrégulières et sporadiques.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Cuivre natif, chalcocite, bornite, chalcopyrite, autres minéraux cuprifères, argent natif. – *Calcite, quartz, épidote, prehnite, chlorite, pumpellyite, laumontite, feldspath potassique, albite*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Roches de même âge que celles des gisements sédimentaires de cuivre – Du Protérozoïque inférieur (2,25 milliards d'années) au Tertiaire. Fréquentes dans les roches du Protérozoïque supérieur (1,0 à 1,4 milliard d'années), du Trias supérieur et du Jurassique inférieur en Amérique du Nord.
ÂGE, MINERAI	Gisements pénécontemporains des roches favorables, ou légèrement plus récents que celles-ci.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Controversé, insuffisamment compris. Le modèle généralement proposé est basé sur les détails suivants : la mobilisation du cuivre à partir des roches volcaniques pendant le métamorphisme régional de faible intensité, le transport du cuivre, ascendant et vers l'extérieur, en fonction du gradient de métamorphisme, et son dépôt dans des conditions de température et de pression modérées. Un autre modèle proposé, mais moins souvent accepté (voyez sous-type 6.3, gisements sédimentaires de cuivre) comprend la mobilisation du cuivre hors des roches volcaniques pendant la diagénèse ou les premières phases du métamorphisme (probablement en rapport avec l'activité géothermique synvolcanique), son transport à travers des faciès volcaniques continentaux oxydés, et son dépôt au contact de milieux réducteurs.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Zones de perméabilité : – unités stratigraphiques, telles que des brèches au sommet d'une coulée, des tufs, des brèches volcaniques, des conglomérats et des grès interstratifiés. – des réseaux de failles et de fractures, des zones étendues de brèches tectoniques. 2. Roches favorables telles que des unités pyriteuses carbonées de milieu anoxique, dans des successions de red beds volcaniques.
AUTEUR	R.V. Kirkham

(voyez planche 11, page 10)

11. GISEMENTS D'OR DANS DES FILONS ET ZONES DE CISAILLEMENT ASSOCIÉS A DES ROCHES VOLCANIQUES

PRODUITS	Au (Ag)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Mines Con and Giant Yellowknife, T.N.-O.; mines Dome et Pamour à Timmins, mine Campbell à Red Lake, et mine Kerr Addison à Virginiatown en Ontario – *Norseman, Australie*
IMPORTANCE	Canada : on estime que ce type de gisement a fourni environ 25 % de la production d'or totale cumulative du Canada. Monde : très grande importance au Zimbabwe et en Australie, ainsi qu'au Canada.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Jusqu'à 40 millions de tonnes d'une teneur moyenne de 8,6 g d'Au/tonne. De nombreux gîtes producteurs à long terme donnent 1 à 6 millions de tonnes de minerai contenant 7 g d'Au/tonne.
CADRE GÉOLOGIQUE	Région de roches vertes archéennes. De nombreux gîtes sont associés à des zones de fortes schistosité, dans des terrains fortement altérés ("zones de cisaillement") interprétés comme d'importantes zones de fracturation; et dans des régions contenant aussi des gîtes aurifères associés à des intrusions (par exemple, Timmins, Red Lake). On rencontre surtout les filons dans les domaines métamorphiques à roches vertes.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Basaltes tholéiitiques en coussins; minces unités de roches volcaniques komatiitiques; roches pyroclastiques de l'un ou l'autre de ces types; grauwackes et conglomérats; roches fortement altérées (carbonatisées, pyritisées, moins souvent albitisées).
ROCHES ASSOCIÉES	Roches volcanoclastiques; grauwackes et conglomérats provenant surtout d'une zone de roches vertes; moins souvent formation ferrifère, autres roches sédimentaires chimiques, corps intrusifs et porphyre felsique, et roches intrusives mafiques ou ultramafiques.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Filons et corps irréguliers quartzeux le long de failles et fractures, et de zones de roches schisteuses légèrement ou fortement altérées. L'or est associé aux sulfures, ou disséminé, ou se présente sous forme de petites concentrations irrégulières dans le quartz.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Or natif, tellurures. *– Pyrite, arsénopyrite, quantités accessoires d'autres sulfures; quartz, un peu de séricite, carbonates. La fuchsite est présente dans un grand nombre d'importants gisements.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Les exemples cités sont tous d'âge Archéen. Il existe probablement des gisements analogues d'âge Mésozoïque, par exemple ceux de Carolin et Bralorne, C.-B., et de Motherlode en Californie.
ÂGE, MINERAI	Archéen (les indices obtenus jusqu'à présent suggèrent un âge à peine plus récent que celui des roches favorables).
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Les trois modèles suggérés sont (1) une sécrétion latérale à partir de la roche favorable (Boyle, 1961) et (2) le dépôt à partir de vastes volumes de liquides générés métamorphiquement (Kerrich et Fryer, 1979) et (3) les accumulations de type exhalatif syngénétique (Karvinen, 1981). Nous préférons un modèle dans lequel l'or et les éléments associés sont prélevés à de vastes volumes de roche, peut-être par des fluides dérivés de la transition métamorphique des roches vertes aux amphibolites, et sont déposés dans les fractures, failles et zones de cisaillement. L'altération hydrothermale associée, qui généralement inclut la carbonatisation, est parfois importante et s'étend à toute la roche, ce qui indique peut-être l'existence de systèmes hydrothermaux importants, de longue durée, riches en CO_2.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Âge Archéen. 2. Structures faillées ou de "zone de cisaillement". 3. Présence de minces unités komatiitiques, roches fortement altérées (surtout carbonatisées) et filons quartzeux sulfurés. 4. La fuchsite est parfois un indice utile pour l'exploration.
AUTEURS	R.T. Thorpe, J.M. Franklin

Figure 12. *Gisement aurifère dans des filons et dans une zone de cisaillement associés à des roches volcaniques. Mine Kerr-Addison, Virginiatown, Ontario. Filons de quartz aurifère typiques, irréguliers, dans la zone de carbonates verts. Champ visuel d'environ 1,5 m de large. Photo : R.V. Kirkham (CGC 203633-S).*

12. GISEMENTS MAGMATIQUES DE NICKEL, CUIVRE ET ÉLÉMENTS DU GROUPE DU PLATINE

12.1 GISEMENTS DE NICKEL ET CUIVRE ASSOCIÉS À DES ROCHES ULTRAMAFIQUES

12.1.a Gisements de nickel dans des péridotites volcaniques
12.1.b Gisements de nickel dans des dunites intrusives
12.1.c Gisements de nickel-cuivre dans des roches ultramafiques intrusives

PRODUITS

Ni (Cu, Pt, Pd, Co)

EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*

(12.1.a) Langmuir, Ontario; Marbridge, Qué. – *le groupe de mines de Kambalda, Nepean, Scotia, et Windarra, Australie; Shangani, Zimbabwe*
(12.1.b) Mines Pipe, Birchtree et Manibridge, Thompson, Manitoba; Dumont, Québec – *Mt. Keith et Agnew, Australie*
(12.1.c) Shebandowan, Ontario; gisements de l'Ungava, Québec – *gisements de Pechenga, U.R.S.S.*

IMPORTANCE

Canada : Le tonnage extrait des gisements de Thompson au Manitoba, probablement de ce type (12.1.b) représentait 15 à 20 % de la production annuelle de nickel au Canada à la fin des années 1970. Celui des gisements producteurs actuels et passés des sous-types 12.1.a et 12.1.c représentait environ 5 % du total.
Monde : Des types de gisements 12.1.a et 12.1.b vient pratiquement toute la production actuelle et ancienne de nickel en Australie Occidentale et au Zimbabwe.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

(12.1.a) De moins de 1 million à 5 millions de tonnes par corps minéralisé; il existe généralement plusieurs corps minéralisés par gisement. 1 à 5 % de Ni, 0,1 à 0,25 % du Cu; Ni/Cu = 10 à 20.
(12.1.b) Les minerais de ségrégation (voyez configuration des gisements) contiennent des millions et des dizaines de millions de tonnes d'une teneur de 1 à 3 % de Ni, 0,04 à 0,2 % de Cu; Ni/Cu = 10 à 20. Les minerais disséminés représentent jusqu'à 250 millions de tonnes contenant approximativement 0,06 % de Ni, 0,01 % de Cu; Ni/Cu >20.
(12.1.c) Généralement moins de 1 million à plusieurs millions de tonnes. Certains gîtes dépassent probablement 10 millions de tonnes. 1 à 3 % de Ni, 0,4 % à 1 % de Cu; Ni/Cu = 1,5 à 4.

CADRE GÉOLOGIQUE

(12.1.a) Zones de roches vertes archéennes
(12.1.b) Les gisements de Thompson se trouvent dans une zone plissée supracrustale d'âge Aphébien, en marge d'un craton archéen. D'autres gisements sont principalement situés dans des zones de roches vertes archéennes.
(12.1.c) Zones volcaniques mafiques d'âge Protérozoïque, zones de roches vertes archéennes.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

(12.1.a) Komatiites (coulées ultramafiques et petits filons-couches sous-jacents très proches, tous deux très riches en magnésium) serpentinisées, fréquemment carbonatisées, et parfois jouxtant des roches métasédimentaires et des roches métavolcaniques.
(12.1.b) Filons-couches ultramafiques fortement magnésiens, généralement plus vastes que ceux du sous-type 12.1.a.
(12.1.c) Lentilles intrusives ultramafiques, moins riches en magnésium que celles des sous-types 12.1.a et 12.1.b; roches métasédimentaires et métavolcaniques adjacentes.

ROCHES ASSOCIÉES

Basaltes komatiitiques, basaltes tholéiitiques, roches pyroclastiques felsiques, ardoises, formations ferrifères (généralement sulfurées, moins souvent oxydées).

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

(12.1.a, 12.1.c) Généralement, corps tabulaires ou lenticulaires basaux, concordants, à l'intérieur de la roche favorable ultramafique. Les types de minerais rencontrés sont des sulfures massifs, dans l'intercumulus (ou la matrice) et des sulfures disséminés. Cette succession est celle observée dans des zones successives de précipitation commençant au niveau du contact basal, dans quelques gisements bien conservés.
(12.1.b) Les minerais peuvent comprendre soit 1) de riches ségrégations sur les marges (contacts basaux là ou l'interprétation est possible) de lentilles ultramafiques, comme à Agnew, Pipe et Manibridge; ou 2) les zones internes concordantes des sulfures disséminés, comme à Dumont et Mt. Keith.
La remobilisation des sulfures dans les filons, la matrice de la brèche, et les disséminations présentes dans les zones faillées et la roche encaissante, est fréquente.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéaux associés*

Pentlandite, chalcopyrite; parfois millérite, violarite, bornite
– Pyrrhotine, pyrite, magnétite, divers minéraux du groupe du platine, serpentine, trémolite, clinopyroxène, chromite, magnésite, chlorite, rarement olivine résiduelle.

ÂGE, ROCHES FAVORABLES

(12.1.a) Âge principalement Archéen, 2,9 à 2,7 milliards d'années.
(12.1.b) Âge principalement Archéen, 2,9 à 2,7 milliards d'années. Les gisements de Thompson sont probablement d'âge Aphébien.
(12.1.c) D'âge Archéen, 2,9 à 2,7 milliards d'années; Protérozoïque inférieur à Protéroïque moyen.

ÂGE, MINERAI

Contemporain des roches favorables ultramafiques.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

On considère que la fusion partielle du manteau a engendré des liquides riches en magnésium (>20 % de MgO dans les sous-types 12.1.a et 12.1.b de roches favorables komatiitiques de l'Archéen). Dans le cas de gisements contenant des concentrations basales importantes de sulfures de nickel, le liquide s'est apparemment trouvé saturé en soufre avant la cristallisation, ou pendant l'une des premières étapes de cristallisation. Les gouttelettes de sulfures nickélifères immiscibles ainsi formées ont subi une ségrégation par gravité et par écoulement, et produit de riches concentrations basales de sulfures dans les coulées et filons-couches ultramafiques. Dans le cas de gisements constitués des zones internes de sulfures disséminés, la saturation en soufre a apparemment été atteinte pendant une étape ultérieure de cristallisation, probablement in situ, à l'intérieur des coulées et filons-couches ultramafiques.

Le degré apparemment élevé de fusion du manteau qui a permis la formation des roches komatiitiques et des minéralisations nickélifères associées, a sans doute très souvent été atteint durant l'Archéen, mais aussi pendant l'Aphébien (Thompson). On suppose que le sous-type 12.1.c a eu une genèse similaire, mais que les liquides participant aux réactions étaient moins fortement magnésiens.
La diminution de la concentration de MgO dans les liquides parentaux, et la diminution concomitante du rapport Ni/Cu dans les minerais associés est attribuée à une combinaison de deux facteurs : 1) une diminution du degré de fusion partielle du manteau, et 2) une augmentation progressive du degré de cristallisation fractionnée du magma parental. Le soufre contenu dans les minerais pouvait provenir soit du manteau, soit de la croûte.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

(12.1.a) Coulées et filons-couches komatiitiques, généralement avec les komatiites les plus riches en magnésium et les plus profondes de la colonne ultramafique; aussi, associés étroitement aux formations ferrifères des faciès sulfurés, près du sommet du cycle volcano-sédimentaire felsique sous-jacent. Portions basales des corps komatiitiques, en particulier dans les dépressions initiales le long des contacts basaux.
(12.1.b) Filons-couches komatiitiques, faiblement à fortement différenciés; les sulfures tendent à apparaître dans les couches internes et les dépressions basales.
(12.1.c) Portions basales des lentilles intrusives ultramafiques faiblement différenciées.

AUTEUR

O.R. Eckstrand

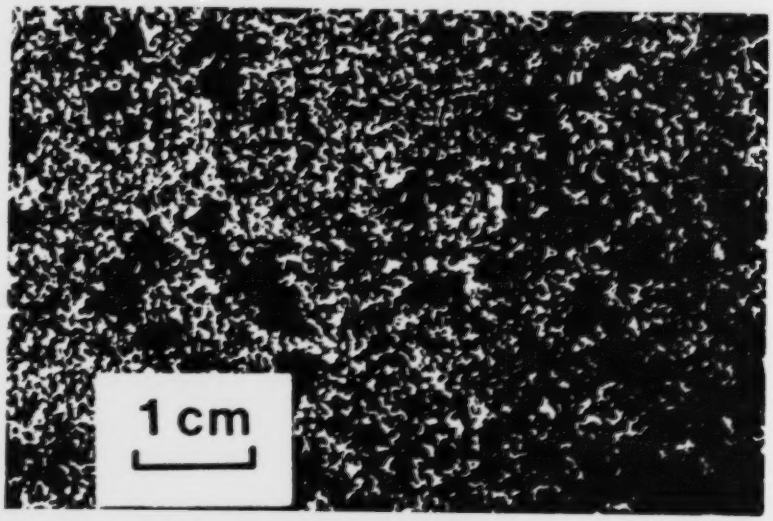


Figure 13. *12.1.a Gisement de nickel dans une péridotite volcanique. Mine Alexo, près de Timmins en Ontario. Minerai sulfuré typique d'intercumulus ou de matrice dans une roche favorable ultramafique. La pyrrhotine et la pentlandite (blanches) forment un réseau interstitiel continu dans une péridotite serpentinisée principalement constituée de cristaux équidimensionnels de serpentine (noirs) pseudomorphes de l'olivine. On interprète généralement cette texture comme étant celle d'un magma primaire. Photo : O.R. Eckstrand (CGC 203887).*

Figure 14. *12.1.c Gisements de nickel-cuivre dans des roches ultramafiques intrusives. Mine Shebandowan, Thunder Bay, Ontario. Minerai bréchique. Une matrice fine de sulfures (pyrrhotine, pentlandite, chalcopyrite) et de magnétite englobe des fragments de roche encaissante métavolcanique de type mafique, et montre la texture typique de nombreux gisements sulfurés de nickel déformés. Échantillon : O.R. Eckstrand (CGC 203886-F).*

12.2 GISEMENTS DE NICKEL, CUIVRE, ÉLÉMENTS DU GROUPE DU PLATINE, ASSOCIÉS À DES ROCHES GABBROÏDES

12.2.a Gisements de nickel-cuivre dans des roches intrusives stratifiées
12.2.b Gisements d'éléments du groupe du platine dans des roches intrusives stratifiées
12.2.c Gisements dans des stocks.

PRODUITS

Ni, Cu, éléments du groupe du platine (Co, Au, Ag, S, Fe)

EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*

(12.2.a) Gisements de Sudbury, Great Lakes Nickel, Ontario. – *Complexe de Duluth, Minnesota; gisements nickélifères–cuprifères du complexe de Stillwater, Montana; Brady Glacier, Alaska; gisements de Noril'sk-Talnakh, U.R.S.S.; gisements de Pikwe et Selebi, Botswana; Insizwa-Ingeli, Transkei (Afrique du Sud).*
(12.2.b) Lac des Isles, Ontario – *Gisements de platine du complexe de Stillwater, Montana; Merensky Reef, complexe du Bushveld, Afrique du Sud.*
(12.2.c) Lynn Lake, Manitoba; Giant Mascot, C.-B.; St. Stephen, N.-B. – *Carr Boyd, Australie*

IMPORTANCE

(12.2.a) Au Canada : les gisements de Sudbury ont de loin produit davantage de nickel (environ 7 millions de tonnes) que tout autre district minier du monde, ainsi que des quantités substantielles de cuivre (environ 6 millions de tonnes), de métaux précieux et d'autres sous-produits.
Dans le monde : on estime que ce type de gisement représente environ 80 % des réserves mondiales de sulfures de nickel, et fournit environ la moitié de la production mondiale actuelle des éléments du groupe du platine (EGP).
(12.2.b) Au Canada : pas de gisements producteurs.
Dans le monde : le filon aurifère de Merensky (Merensky Reef) a fourni environ la moitié de la production mondiale d'éléments du groupe du platine (EGP) de 1977 à 1979.
(12.2.c) Au Canada : les gisements de Lynn Lake (les plus grands de ce type au Canada, d'un ordre de grandeur) ont produit environ 200 000 tonnes de nickel et 95 000 tonnes de cuivre, ainsi qu'un peu de cobalt et d'éléments du groupe du platine (EGP).
Dans le monde : peu de producteurs; gîtes d'importance relativement faible.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

Les corps individuels peuvent contenir de quelques centaines de milliers de tonnes à des dizaines de millions de tonnes de minerai, et chaque complexe intrusif contient généralement un certain nombre de corps minéralisés. La teneur se situe généralement entre environ 0,6 et 1,6 % de Ni et 0,2 à 1,3 % de Cu, mais on connaît des gisements importants de teneur basse (par exemple Great Lakes Nickel, 0,20 % de Ni, 0,36 % de Cu). La teneur combinée en éléments du groupe du platine (EGP) (Pd et Pt principalement) est généralement de l'ordre d'un gramme/tonne, mais les gisements de Stillwater, de Merensky Reef et de Talnakh contiennent ces éléments dans la gamme de 10 à 20 grammes/tonne.
Exemples : Sudbury (production + réserves) : 700 millions de tonnes, 1,6 % de Ni, 1,3 % du Cu, dans de nombreux gisements groupés dans 5 principales régions. Lynn Lake (production) : 20 millions de tonnes, 1,02 % de Ni, 0,54 % de Cu, dans 11 corps minéralisés.

CADRE GÉOLOGIQUE

(12.2.a), (12.2.b) On rencontre généralement les intrusions stratifiées dans un cadre cratonique, et parfois associées à des fossés d'effondrement intracontinentaux et à des basaltes de plateau. On en rencontre certaines dans des zones de roches vertes archéennes. Les gisements de Sudbury sont associés à une structure probablement créée par l'impact d'une météorite.
(12.2.c) Les intrusions semblables à un stock apparaissent dans des zones de roches vertes précambriennes et des zones orogéniques plus récentes.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

Diverses phases mafiques de complexes intrusifs, comprenant des norites, gabbros, troctolites, pyroxénites feldspathiques, des amphibolites, des gabbros et diabases, et des picrites. Les gisements de North Range à Sudbury se trouvent dans les assises leucocrates bréchiformes du mur. Le filon appelé Merensky Reef est une pyroxénite feldspathique à grain grossier, à laquelle sont associées de minces couches de chromite.

ROCHES ASSOCIÉES

Diverses phases des complexes intrusifs mafiques, en particulier des diorites, des péridotites, des pyroxénites, des anorthosites, des gabbros, des norites; la roche encaissante des complexes intrusifs.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

(12.2.a) Couches ou lentilles concordantes, habituellement situées dans une dépression ou une échancrure locales, à la base ou près de la base de l'intrusion stratifiée qui constitue l'assise favorable. Le minerai est constitué de sulfures massifs, d'une matrice sulfurée bréchiforme, d'un réseau interstitiel de sulfures, et de sulfures disséminés. Dans les gisements bien conservés, le minerai riche se situe à proximité de la base, et il est recouvert par des sulfures disséminés de moindre teneur. Les filons et dissémination de sulfures pénètrent fréquemment les roches du mur. À Sudbury, quelques-uns des gisements (North Range) se présentent sous forme d'imprégnations sulfurées dans des brèches leucocrates du mur, et certains sous forme de disséminations et matrices bréchiformes sulfurées dans de longues apophyses (offsets) gabbroïques semblables à des dykes dans les roches du mur.
(12.2.b) Les minerais d'éléments du groupe du platine (EGP) (par exemple ceux du Bushveld et de Stillwater) forment de minces couches stratiformes à l'intérieur des intrusions minéralisées, et sont associés à des couches de cumulat composées d'anorthosite, de norite et de bronzitite.
(12.2.c) Les minerais forment des zones irrégulières, dans certains cas semblables à des cheminées de minerai ("pipes") à l'intérieur des stocks minéralisés. Le minerai est constitué de sulfures massifs, d'une matrice bréchiforme sulfurée, de sulfures disséminés et de filons sulfurés.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*

Pentlandite, chalcopyrite, cubanite, millérite; divers minéraux contenant des éléments du groupe du platine (EGP), en particulier des sulfures, des tellurures, des arséniures et des alliages.
– *Pyrrhotine, pyrite, sphalérite, millérite, marcasite; plagioclase, hypersthène, augite, olivine, hornblende, biotite, quartz, et divers minéraux d'altération.*

ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Âges divers; la plupart sont d'âge Précambrien (Sudbury, 1,85 milliards d'années; Great Lakes Nickel et Complexe de Duluth, 1,1 milliard d'années; Complexe du Bushveld, 2,1 milliards d'années; Complexe de Stillwater, 2,7 milliards d'années; Lynn Lake ≥1,8 milliards d'années), mais les intrusions de Noril'sk-Talnakh datent du Permo-Trias, et d'autres exemples du Paléozoïque et du Mésozoïque sont connus. Apparemment, les intrusions (sous-type 12.2.c) sont soit syntectoniques, soit post-tectoniques.
ÂGE, MINERAI	Syngénétique par rapport aux intrusions minéralisées.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	**(12.2.a)** La mise en place du magma mafique (probablement dérivé du manteau dans la plupart des cas) a généralement eu lieu dans un environnement stable, sous forme d'injections multiples dans les niveaux supérieurs de la croûte, et parfois en présence d'efforts de tension résultant de la formation de fossés tectoniques. La saturation en soufre du magma pendant les premières phases de cristallisation a produit des ségrégations par écoulement et par gravité des sulfures contenant Ni-Cu, à la base de l'intrusion. La contamination du magma a probablement contribué de façon importante à la saturation en sulfures survenue dans de nombreux gisements, soit par addition de soufre, soit par assimilation des produits siliceux. Dans plusieurs vastes districts, la plupart du soufre (Noril'sk-Talnakh, Complexe de Duluth) venait probablement des roches sédimentaires sous-jacentes. **(12.2.b)** Les magmas qui ont produit les minerais d'éléments du groupe du platine (EGP) ont apparemment atteint la saturation en sulfures à une étape beaucoup plus tardive, et peut-être cruciale, de la cristallisation de leur roches favorables intrusives et stratifiées. **(12.2.c)** On est bien moins informé sur la genèse de ces minerais, mais il semble très probable qu'ils représentent des sulfures présents dans le magma au moment de sa mise en place.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	**(12.2.a)** Les contacts basaux (en particulier les échancrures dans les contacts basaux) et les zones immédiatement sus-jacentes (qui atteignent jusqu'é 200 mètres d'épaisseur) à l'intérieur des intrusions stratifiées sont les sites les plus fréquents de la minéralisation en sulfures de nickel et cuivre. **(12.2.b)** Les zones riches en éléments du groupe du platine (EGP) dans les intrusions stratifiées tendent à se présenter sous forme de couches minces, contenant peu de sulfures, à une hauteur appréciable au-dessus de la base de l'intrusion. **(12.2.c)** Intrusions différenciées à phases multiples, semblables à des stocks.
AUTEUR	O.R. Eckstrand

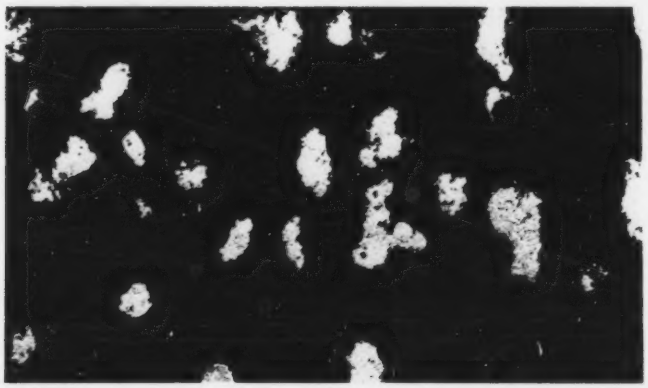


Figure 15. *12.2.a Intrusion stratifiée, nickélifère-cuprifère. Mine Clarabelle, Sudbury, Ontario. Minerai de sulfures disséminés de nickel-cuivre. On aperçoit des bulles de pyrrhotine, de pentlandite et de chalcopyrite dans une norite sombre. Champ visuel d'environ 6 cm de large. Échantillon : O.R. Eckstrand (CGC 203886-V)*

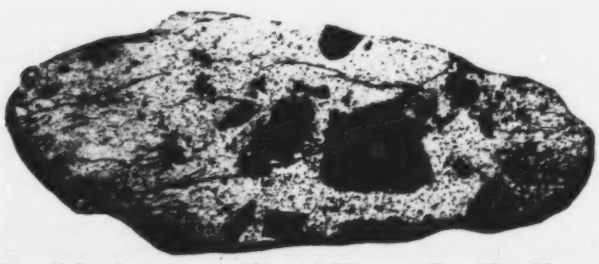


Figure 16. *12.2.a Intrusion stratifiée nickélifère-cuprifère. Mine Murray, Sudbury, Ontario. Minerai de sulfures massifs de nickel-cuivre. Les sulfures (blancs) sont principalement constitués d'une mosaïque granulaire uniforme de pyrrhotine accompagnée de pentlandite interstitielle et de taches sporadiques et irrégulières de chalcopyrite. Les fragments xénolithiques sombres sont constitués de roche encaissante mafique à grain fin. Échantillon : O.R. Eckstrand (CGC 203886-B).*

13. GISEMENTS MAFIQUES/ULTRAMAFIQUES DE CHROMITE

13.1 GISEMENTS STRATIFORMES

PRODUITS	Cr, Chromite
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Filon-couche de Bird River, Manitoba; Puddy Lake-Chrome Lake, Shebandowan, Gabbro de Crystal Lake (Great Lakes Nickel), et Big Trout Lake, Ont.; Intrusion de Muskox, T.N.-O.; Lac des Montagnes, Qué. *Complexe du Bushveld, Afrique du sud; Great Dyke, Zimbabwe; Kemi, Finlande; Campo Formoso et Vallée de la Jacurici, Brésil; Complexe de Stillwater, Montana.*
IMPORTANCE	Canada : aucune production actuelle. De tous les gisements connus de chromite au Canada, ceux du filon-couche de Bird River sont peut-être les plus propices à des efforts de mise en valeur. Monde : les gisements stratiformes ont fourni 45 % de la production et 95 % des réserves mondiales totales de chromite. À lui seul, le complexe du Bushveld a contribué à 35 % de la production, tandis que l'exploitation des gisements du Great Dyke, de Kemi et des gisements brésiliens, représente la presque totalité des 10 % résiduels.
TONNAGE ET TENEUR TYPIQUES	Canada : quatre gisements situés dans le filon-couche de Bird River ont une teneur comprise entre 4,6 % et 25,2 % de Cr_2O_3, et ont des réserves estimées de 600 000 à 10 millions de tonnes. On estime avec prudence les réserves "éventuelles" totales à 19,4 millions de tonnes de minerai ayant une teneur moyenne pondérée de 10,7 %. Le rapport Cr/Fe est de 1,6 dans les produits de forte teneur. Étranger : les réserves du Bushveld dépassent 1 100 millions de tonnes de minerai de teneur moyenne 44 % de Cr_2O_3, avec un rapport Cr/Fe = 1,5. Les ressources additionnelles sont probablement égales à 5 fois le tonnage des réserves. On a estimé que les réserves du Great Dyke dépassaient 600 millions de tonnes, dont environ 90 % étaient du type riche en Cr, avec plus de 46 % de Cr_2O_3 et un rapport Cr/Fe >2. Les réserves de minerai de Kemi sont de 50 millions de tonnes de teneur moyenne 27 % de Cr_2O_3, avec un rapport Cr/Fe = 1,55.
CADRE GÉOLOGIQUE	Les gisements se situent dans de vastes intrusions stratifiées, qui souvent se sont différenciées en une zone ultramafique inférieure et une zone mafique supérieure. Les intrusions se trouvent dans divers cadres tectoniques. Les intrusions du Bushveld, du Great Dyke et de Muskox sont des corps en forme d'entonnoir, essentiellement non métamorphisés, sans doute plus récents que la déformation principale de la roche favorable. Les corps minéralisés de Bird River et de Big Trout Lake sont des intrusions précinématiques et probablement synvolcaniques dans le cadre d'une zone de roches vertes archéennes. Les gisements de Kemi et de Campo Formoso se trouvent dans des intrusions tabulaires au contact discordant entre le socle granitique archéen et les roches protérozoïques sus-jacentes principalement sédimentaires. La mise en place du gabbro de Crystal Lake a eu lieu pendant une phase de magmatisme accompagnée de coulées de basaltes de plateau, et associée à la formation de fossés tectoniques continentaux.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Les filons de chromitite sont généralement contenus dans une péridotite ou son équivalent serpentinisé. Les chromitites du Bushveld sont interstratifiées avec des orthopyroxénites, des anorthosites et des norites. Les couches de chromitite de l'intrusion de Muskox apparaissent aux points de transition entre la péridotite et l'orthopyroxénite. La chromitite du gabbro de Crystal Lake est contenue dans un gabbro anorthositique.
ROCHES ASSOCIÉES	Dunite, pyroxénite, norite et gabbro.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	On rencontre la chromite dans des filons semi-massifs ou massifs, ou dans des couches ayant moins de 1 cm à plus de 1 m d'épaisseur. Dans le remarquable gisement de Kemi, la chromite atteint une puissance de 90 m. Généralement, la chromite est aussi disséminée dans la roche favorable. On rencontre typiquement de nombreuses couches parallèles de chromitite dans chaque intrusion, et les couches individuelles montrent une remarquable continuité latérale.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *minéraux associés*	Chromite. – *Olivine, pyroxène, biotite, serpentine, chlorite, trémolite, plagioclase, talc.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Tous les gisements importants se trouvent dans des intrusions précambriennes. Les corps minéralisés du Great Dyke, de Stillwater, de Bird River, de Puddy Lake-Chrome Lake et de Lac des Montagnes sont d'âge Archéen. Le complexe du Bushveld est d'âge Aphébien et les intrusions de Muskox et de Crystal Lake Gabbro sont d'âge Hélikien.
ÂGE, MINERAI	La chromite est syngénétique par rapport à l'intrusion qui constitue sa roche favorable.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	De toute évidence, les gisements stratiformes de chromite se sont formés par ségrégation magmatique durant la cristallisation fractionnée du magma mafique. Dans la plupart des cas, on peut décrire la magma comme ayant une composition généralement basaltique; toutefois, dans le cas du Great Dyke, certains indices suggèrent l'existence d'un magma parental de type beaucoup plus ultramafique, dont la composition aurait favorisé la précipitation de la chromite. Les raisons exactes pour lesquelles les couches de cumulat de chromite massive se sont formées ne sont pas bien comprises. Irvine (1975, 1977) a suggéré un mécanisme, dans lequel un liquide composé de tholéiite picritique saturée en chrome deviendrait plus siliceux par contamination avec des produits granitiques (par assimilation de ceux-ci) on par mélange avec des produits différenciés plus siliceux du magma parental, ce qui favoriserait la précipitation de la chromite.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Des gisements de chromite stratiformes existent dans des intrusions mafiques et ultramafiques différenciées, du type filon-couche ou en forme d'entonnoir. 2. Les filons de chromitite sont eux-même des couches ignées, donc la présence d'une stratification indique sans ambiguïté que les processus ignés nécessaires ont effectivement eu lieu dans l'intrusion. 3. Les filons de chromitite sont très souvent associés à la péridotite, bien que la pyroxénite et l'anorthosite fassent aussi partie de la roche favorable dans certaines intrusions. 4. La chromite accessoire (disséminée?) est souvent visible dans la roche favorable des filons.
AUTEUR	J.M. Duke

Figure 17. *13.1 Gisement stratiforme de chromite dans des roches mafiques/ultramafiques de la région de Bird River, dans l'est du Manitoba. Les niveaux stratiformes de chromite (sombres) sont séparés par des couches de cumulat à olivine (blanches, gris clair); ils apparaissent dans la zone ultramafique du filon-couche de Bird River. Photo : R.F.J. Scoates.*

13.2 GISEMENTS EN COLONNE OU LENTILLE ALLONGÉE

PRODUITS	Cr, Chromite
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Mine Sterrett, mine Reed-Bélanger (Chromeraine), mine Caribou et carrière Montréal, Cantons de l'Est, Québec; mine Bluff Head, complexe de Baie-des-Iles, Terre-Neuve; Scottie Creek, région d'Ashcroft, C.-B. – *Massif de Kempirsai, U.R.S.S.; mines Masinloc et Acoje, massif de Zambales, Philippines; mine de Kavak, Turquie.*
IMPORTANCE	Canada : aucune production actuelle. Environ 250 000 tonnes de chromite ont été extraites de gîtes minéraux en colonne de 1894 à 1949, surtout au Québec et dans une mesure très réduite, à Terre-Neuve et en Colombie-Britannique. Monde : les gisements en colonne fournissent actuellement 55 % de la production mondiale de chromite, mais représentent seulement environ 5 % des réserves mondiales de minerai. Les producteurs les plus importants sont l'U.R.S.S., l'Albanie, la Turquie, l'Inde et les Philippines.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Les corps minéralisés individuels de chromite en forme de colonne, contiennent quelques dizaines à quelques millions de tonnes de minerai. Le corps minéralisé de la mine Masinloc aux Philippines est probablement le plus vaste connu, et contiendrait 13 millions de tonnes de minerai alumineux (qualité réfractaire), de teneur 36,5 % de Cr_2O_3, 31 % de Al_2O_3, avec un rapport Cr/Fe = 2,2. Dans les mines les plus importantes sont exploitées un certain nombre de colonnes. La mine de Kavak en Turquie comprend 21 corps minéralisés totalisant environ 2 millions de tonnes, de teneur comprise entre 28 et 30 % de Cr_2O_3, dont on extrait un produit concentré contenant 51 % de Cr_2O_3, avec un rapport Cr/Fe = 3,2. Le gisement appelé "Vingt ans de R.S.S. Kazakh" en U.R.S.S., contiendrait plus de 23 millions de tonnes de minerai de teneur supérieure à 50 % de Cr_2O_3. Les réserves ajoutées à la production passée de certains gisements candiens totalisent 1,1 million de tonnes de minerai de teneur 7 à 14 % de CAr_2O_3 dans le gisement de Reed-Bélanger, environ 180 000 tonnes de minerai de teneur 18 % de Cr_2O3 dans la mine Sterrett, et environ 60 000 tonnes de teneur 27 % de Cr_2O_3 dans la mine Caribou. Les concentrés de minerais canadiens étaient caractérisés par une teneur typique d'environ 48 % de Cr_2O_3, avec un rapport Cr/Fe = 2,4 à 2,8.
CADRE GÉOLOGIQUE	Les gisements de chromite en colonne se situent dans les portions ultramafiques des successions ophiolitiques (voyez "péridotites alpines"). Ces gîtes minéraux peuvent se trouver soit dans des cumulats, soit dans des roches ultramafiques mylonitisées: la seconde catégorie est plus importante à l'échelle mondiale.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Les roches favorables à proximité immédiate des colonnes de chromite sont le plus souvent des dunites ou des dunites serpentinisées. Les troctolites constituent la roche favorable dans quelques secteurs.
ROCHES ASSOCIÉES	Harzburgite ou son équivalent serpentinisé.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Les gisements de chromite en colonne sont généralement des corps lenticulaires, composés de chromite massive à fortement disséminée. On observe aussi des corps minéralisés tabulaires, en forme de bâtonnet, ou irréguliers. On rencontrre souvent des textures nodulaires, et des structures feuilletées ou rubanées. Tout gisement comprend habituellement un certain nombre de colonnes individuelles. Par exemple, dans le champ minéralisé principal du massif de Kempirsai en U.R.S.S., il existe 28 gisements, dont chacun contient jusqu'à 99 corps minéralisés discontinus.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *minéraux associés*	Chromite – *Olivine, pyroxène, serpentine, magnétite, clinopyroxène, plagioclase*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Les gisements de chromite en colonne se situent dans des roches phanérozoïques. Ceux des Appalaches canadiennes sont d'âge Cambrien à Ordovicien, tandis que ceux de la Cordillère datent surtout du Permien et Trias.
ÂGE, MINERAI	Les minerais sont syngénétiques par rapport aux roches favorables.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Les gisements de chromite en colonne sont des gisements magmatiques de ségrégation, qui peuvent se former soit durant la cristallisation fractionnée du magma basaltique dans la croûte océanique (gisements dans les roches ultramafique constituées de cumulat) ou la partie supérieure du manteau, soit durant la fusion partielle des péridotites du manteau (gisements dans les mylonites ultramafiques). Une grand nombre des caractères morphologiques des gisements résultent des phénomènes de déformation.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISTION, GUIDES DE L'EXPLORATION	Les colonnes de chromite se trouvent le plus souvent dans une enveloppe de dunite, elle-même contenue dans des roches encaissantes composées de harzburgite, et ne sont que très rarement associées à des roches contenant du clinopyroxène comme minéral essentiel. Les colonnes minéralisées ont tendance dans les mylonites à se trouver près du contact avec les cumulats sus-jacents, et parfois à proximité immédiate des cumulats gabbroïques. Les colonnes minéralisées de chromite tendent à se trouver dans des zones linéaires, et parfois à être disposées en échelon.
AUTEUR	J.M. Duke

14. GISEMENTS DE TITANE – FER DANS DES INTRUSIONS MAFIQUES

14.a Gisements d'ilménite dans des anorthosites
14.b Gisements de magnétite titanifère dans des anorthosites gabbroïques

PRODUITS

(14.a) Ti, Fe (V)
(14.b) Fe (Ti, V, Cr, P)

• "Titaniferous magnetite" is used here in the common commercial sense, referring to magnetite-rich, Ti-bearing oxide ore. It generally consists of Ti-bearing magnetite and ilmenite occurring together as granular aggregates and exsolution intergrowths.

EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*

(14.a) Lac Allard, St-Urbain et Ivry, Québec – *Tellnes et Egersund, Norvège; monts Ilmen, URSS.*
(14.b) Mont Magpie, Saint-Charles et Complexe du lac Doré, Québec; Newboro Lake, Ont. – *Smaalands-Taberg, Suède; Complexe du Bushveld, Afrique du Sud; Kusinskoye, monts Oural, U.R.S.S.; Tahawus, New York; Iron Mountain, Wyoming*

IMPORTANCE

(14a) Les gisements de ce type représentent la majeure partie de la production canadienne, et plus de la moitié de la production mondiale de TiO_2. Un grand nombre de gisements non mis en valeur sont des sources potentielles de titane, et parfois de vanadium et de fer comme produits associés.
(14.b) Canada : quelques producteurs peu importants par le passé, aucun producteur actuel. Vastes ressources potentielles.
Monde : exploitation actuelle substantielle de gisements situés en U.R.S.S. et aux U.S.A.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

(14.a) 1 à 300 million de tonnes de minerai; TiO_2 teneur de 10 à 45 %; Fe, teneur de 32 à 45 %; V, teneur d'environ 0,2 % ou moins. Le rapport Fe/Ti se situe généralement aux environs de 2. Les taux du Cu, Cr, Mn et NI sont généralement de 0,05 à 0,2 % dans des proportions relatives variables; les taux de soufre et de phosphore sont faibles et variables.
(14.b) Moins de 1 million de tonnes à plus de 1000 millions de tonnes. Généralement, la teneur en fer se situe entre 20 % et 45 %; la teneur en TiO_2, entre 2 et 20 %; les rapports Fe/Ti se situent entre 40:1 et 2:1, et généralement aux environs de 5:1; la teneur en V est d'environ 0,25 %; on trouve des traces de Cr; la taux de P_2O_5 est variable, et atteindrait parfois 7,1 %.

CADRE GÉOLOGIQUE

On rencontre principalement les gisements dans des intrusions d'anorthosites gabbroïques (noritiques) différenciées. Ces gisements sont particulièrement abondants dans les zones du Bouclier précambrien. Dans la province de Grenville, ces intrusions traversent principalement des terrains gneissiques et granitiques.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

(14.a) Anorthosites, anorthosites noritiques, anorthosites à andésine. Certaines roches favorables font partie de couches successives d'intrusion stratiformes, d'autres sont des intrusions de type stock.
(14.b) Le plupart des roches favorables comportent des phases gabbroïques et anorthositiques-gabbroïques d'intrusions mafiques différenciées; diabases, diorites gabbroïques, adamellites.

ROCHES ASSOCIÉES

Les roches comagmatiques sont en particulier des anorthosites, gabbros, diorites à pyroxène, diabases et probablement des monzonites, syénites, pegmatites et granites. Les roches encaissantes des intrusions comprennent des gneiss fortement métamorphisés, des schistes, des amphibolites, des quartzites et des skarns de contact.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

Les minerais oxydés se présentent sous forme :
- de lentilles massives, dykes, filons-couches et intrusions irrégulières et
- de corps stratiformes ou irréguliers, constitués d'oxydes de Fe-Ti disséminés et interstitiels dans des roches favorables anorthositiques (14.a) et gabbroïques (14.b). Les deux types de minéralisation sont généralement présents, en proportions diverses, à l'intérieur des différents gisements. Les types massifs et intrusifs semblent plus importants économiquement que les types disséminés.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*

(14.a) Ilménite ferrique, hématite titanifère, isolés ou sous forme de cristaux d'exsolution enchevêtrés; magnétite titanifère. – *Plagioclase, pyroxène, olivine, grenat, biotite, apatite, ulvöspinelle, rutile, pyrrhotine*
(14.b) Magnétite, magnétite titanifère, ilménite sous forme de cristaux isolés ou de cristaux d'exsolution enchevêtrés dans la magnétite, en proportions diverses. – *Plagioclase (habituellement labradorite), olivine, pyroxène, apatite; petites quantités de sphène, rutile, spinelle, pyrite, chalcopyrite, pyrrhotine*

ÂGE, ROCHES FAVORABLES

(14.a) Principalement d'âge Protérozoïque (surtout dans la province de Grenville).
(14.b) Tous les âges; principalement Précambrien.

ÂGE, MINERAI

En partie contemporain de la stratification magmatique des intrusions minéralisées, et en partie syngénétique vis-à-vis des auto-intrusions tardives.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

Phases d'oxyde de fer et de titane séparées par effet de gravité ou de filtre-presse durant la cristallisation des magmas anorthositiques (14.a) et gabbroïques (14.b), d'où la formation de couches et ségrégations syngénétiques, et aussi d'auto-intrusions massives d'oxydes dans de l'anorthosite gabbroïque lithifiée ou partiellement solidifiée et dans les roches favorables génétiquement apparentées. La séparation de liquides immiscibles tardifs, riches en Fe-Ti-P, a été proposée pour expliquer l'existence des auto-intrusions.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

1. Les vastes zones d'intrusions anorthositiques
2. Les complexes intrusifs minéralisés montrent habituellement une gamme de phases différenciées, allant de l'anorthosite et de la norite à la syénite.
3. On a utilisé avec des résultats probants pour l'exploration, les indices d'abondance de la magnétite titanifère et aussi des oxydes de fer et titane dans les sédiments fluviatiles et les sables dérivés de ceux-ci.
3. La densité spécifique plus élevée des intrusions mafiques par rapport aux gneiss granitiques.
4. Les levés magnétiques et gravimétriques sont des méthodes d'exploration utiles.

(14.a) Les gisements d'ilménite sont généralement associés aux intrusions d'anorthosite de caractère moins magnésien, du type à andésine, ou à des phases anorthositiques similaires. Les rapport Fe:Ti d'oxydes disséminés inférieurs à 3 et généralement égaux à environ 2, sont favorables (les rapports Fe:Ti d'oxydes disséminés tendent à se rapprocher de ceux que l'on retrouve dans les minerais oxydés massifs associés). Les corps d'ilménite massive sont fréquemment caractérisés par des anomalies magnétiques négatives.
(14.b) Les gisements de magnétite titanifère sont généralement associés à des intrusions anorthositiques magnésiennes contenant de la labradorite ou à des phases anorthositiques similaires, et le rapport Fe:Ti tend à dépasser 3. Les intrusions contenant des concentrations significatives d'oxydes de Fe et Ti sont caractérisées par des maxima magnétiques larges.

AUTEURS

G.A. Gross, E.R. Rose (voyez planche 12, page 11)

15. GISEMENTS D'OR ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS

15.a Roches felsiques subalcalines
15.b Roches alcalines
15.c Roches mafiques

PRODUITS	Au (Ag)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	**(15.a)** Lamaque et Belmoral à Val d'Or, et Camflo et Barnat à Malartic, Québec; Wilmar à Red Lake, Pamour Schumacher Division (anciennement McIntyre) et Hollinger à Timmins en Ontario; – *Charters Towers et Meekathara, Australie*. **(15.b)** Kirkland Lake camp, et Young-Davidson à Matachewan en Ontario. **(15.c)** Howey-Hasaga à Red Lake, Ont.; San Antonio, Man.; – *Gisement de Kalgoorlie Golden Mile, Australie*
IMPORTANCE	Ce type de gisement a fourni environ 35 % de la production d'or totale du Canada (en excluant l'or extrait comme sous-produit) jusqu'à présent, et les sous-types représentent respectivement : **(15.a)** environ 23 % **(15.b)** environ 11 % **(15.c)** environ 1 %
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	La plupart des mines significatives des sous-types 15.a et 15.c ont donné 1 à 5 millions de tonnes d'une teneur de 7 à 17 g/tonne. L'exploitant canadien le plus important du sous-type 15.a est la mine Hollinger (plus de 60 millions de tonnes, 10 g/tonne) et l'exploitant canadien le plus important du sous-type 15.c est la mine San Antonio (4,1 millions de tonnes, 9 g/tonne). Le campement de Kirkland Lake (à l'exclusion de la mine Upper Canada) appartient au sous-type 15.b et a produit au moins 46 millions de tonnes d'une teneur de 15,4 g/tonne. Les rapports Au/Ag, qui se situent entre 4 et 9 pour ce gîte, sont plus bas que ceux de la plupart des autres types de gîtes aurifères.
CADRE GÉOLOGIQUE	Zone de roches vertes archéennes; un grand nombre de gisements sont associés à d'importantes cassures. Les gisements sont situés dans des corps plutoniques ou à proximité de ceux-ci; en général, seule cette association spatiale est manifeste; une étroite relation génétique n'est pas évidente.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	**(15.a)** Les stocks, laccolites et dykes de tonalité-granodiorite-quartz et leurs roches encaissantes. Certains (par exemple l'intrusion McIntyre), sont probablement des intrusions subvolcaniques. **(15.b)** Les intrusions syénitiques et les roches volcaniques alcalines apparentées (?) et leurs roches encaissantes métavolcaniques et métasédimentaires. **(15.c)** Les corps subvolcaniques allant des diorites aux gabbros. Au Canada, les gisements qui contiennent à la fois une minéralisation disséminée et associée à des fractures, et qui pourraient être classés dans la catégorie des gisements "porphyriques aurifères" (Franklin et Thorpe, 1982) sont contenus dans des plutons appartenant aux sous-types 15.a et 15.b (par exemple le gisement de Young-Davidson en Ontario et celui de la zone No. 6 dans la mine Barnat, au Québec). Le type de gisement "porphyrique aurifère" présente des caractéristiques et probablement un mode de genèse proches de ceux des gisements du type 17, "porphyriques cuprifères".
ROCHES ASSOCIÉES	**(15.a)** Roches caractéristiques de toute partie d'une zone de roches vertes archéennes. **(15.b)** Roches volcaniques alcalines et roches sédimentaires dérivées localement de celles-ci; quelques roches volcaniques et intrusives ultramafiques. **(15.c)** Roches volcaniques mafiques et grauwackes.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	La configuration du gisement est souvent déterminée par des failles individuelles, ou les zones de cisaillement (Kirkland Lake, Camflo, en partie McIntyre); des réseaux de veines en échelon (Lamaque, Howey-Hasaga); moins souvent, la minéralisation est disséminée à grande échelle, et déterminée par des fractures de petite taille (Young-Davidson).
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Or natif; à Kirkland Lake, on trouve aussi des tellurures d'Au et Ag. – *Quartz, carbonates, chlorite, séricite, pyrite, altaïte, moins souvent autres sulfures et tellurures, tourmaline*
ÂGE, ROCHES MINÉRALISÉES	La plupart sont archéennes, quelques-unes aphébiennes.
ÂGE, MINERAI	En général, les gisements ne sont pas beaucoup plus récents que la dernière période de déformation et de mise en place des plutons. Ils ne sont pas nécessairement contemporains des intrusions associées spatialement.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Dans le cas des gisements des sous-types alcalins (Kirkland Lake) et de quelques gisements des sous-types felsiques subalcalins (McIntyre, Wilmar), il peut exister une étroite relation génétique avec les intrusions associées, mais il reste à déterminer en détail ces relations. En ce qui concerne les autres gisements, il n'existe pas de modèle établi de façon définitive. Les intrusions peuvent simplement représenter des pièges structuraux et chimiques favorables, ou même des "moteurs thermiques" responsable de la mise en place de réseaux hydrothermaux.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	La présence de petites intrusions à proximité d'importantes cassures constitue un indice général pour la prospection minérale (Val d'Or, Kirkland Lake). Fyfe et Kerrich (1979) ont suggéré que les intrusions felsiques aurifères montraient dans l'ensemble des anomalies positives des concentrations de Na_2O, de produits volatils et de $\delta^{18}O$, même dans des régions éloignées des filons aurifères individuels, par rapport aux valeurs "normales" caractérisant ces paramètres dans les corps felsiques non minéralisés. Parfois, il existe de vastes zones pyriteuses d'altération.
AUTEURS	R.I. Thorpe, J.M. Franklin

16. GISEMENTS DANS DES CARBONATITES

16.a Gisements dans des carbonatites néphélinitiques
16.b Carbonatites ultramafiques

PRODUITS

(16.a) Nb, terres rares (P, U)
(16.b) Cu, vermiculite (Fe, P, U, Zr)

EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*

(16.a) St-Honoré (Nb) et Oka (Nb), Qué.; Némégosenda Lake (Nb), Lackner Lake (Nb), Martison Lake (P, Nb), et Canton de Cargill (P), Ont. – *Mountain Pass (terres rares), Californie; Araxa (Nb), Brésil; Fen (Nb), Norvège.*
(16.b) *Palabora (Cu, Fe, P, Zr, U, vermiculite), Afrique du Sud.*

IMPORTANCE

Canada : ce type de gisement est pratiquement la seule source de niobium; il représente environ 17 % de la production mondiale de cet élément (1978); c'est une source potentielle de phosphates.
Monde : **(16.a)** ce type de gisement fournit presque toute la production et toutes les réserves de niobium, et une faible proportion de la production de phosphates. Les gisements de Mountain Pass fournissent la majeure partie des terres rares du monde libre.
(16.b) Palabora est un producteur inhabituel mais vaste, de cuivre, vermiculite, zirconium et apatite, et fournit aussi un peu de fer et d'uranium.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

Canada : Oka – 25,6 millions de tonnes, 0,44 % de Nb_2O_5 (réserves prouvés, 1974); St-Honoré – 38,5 millions de tonnes, 0,70 % de Nb_2O_5 (réserves prouvées plus réserves estimees, 1977); Cargill – 62,5 millions de tonnes, 19,6 % de P_2O_5; Martison Lake – 14 millions de tonnes de minerai contenant 20 % de P_2O_5, 0,35 % de Nb_2O_5.
Étranger : Quelques-uns des gisements les plus vastes connus sont :
(16.a) Le gisement d'Araxa – 300 millions de tonnes, 3 % de Nb_2O_5.
Le gisement de Mountain Pass – 5 millions de tonnes de minerai contenant des oxydes de terres rares.
(16.b) Gisement de Palabora – on a estimé les réserves initiales à plus de 300 millions de tonnes contenant environ, 0,7 % du Cu.

CADRE GÉOLOGIQUE

Les gisements se trouvent dans des complexes circulaires à élliptiques (rarement lenticulaires ou filoniens dans les roches déformées), composés de carbonatite, qui tendent à se grouper à proximité de grandes failles normales ou des failles de décrochement. Une assimilation et un métasomatisme intenses sont typiques, à un degré tel qu'il est difficile de distinguer l'intrusion de la roche encaissante.
(16.a) Le type de complexe à carbonatite néphélinitique comporte une auréole fénitisée (soumise à un métasomatisme alcalin) bien visible.
(16.b) Le type à carbonatite ultramafique tend à montrer un degré de fénitisation associée plus restreint.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

La minéralisation est souvent associée à une ou deux phases des complexes à carbonatite, mais présente des différences d'un complexe à l'autre. Les roches favorables connues sont des carbonatites dolomitiques, des carbonatites calcitiques, et des roches syénitiques et pyroxénitiques. À Palabora, la foskorite (roche composée de magnétite-olivine-apatite-phlogopite) est une roche favorable importante.

ROCHES ASSOCIÉES

Autres phases des complexes à carbonatite, telles que péridotites, pyroxénites, alnoïtes, urtites, ijolites, syénites à néphéline, diorites.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

Lentilles et couches, généralement en forme de croissant, distribuées en anneaux qui reflètent l'allure concentrique des unités lithologiques dans les complexes à carbonatite. Les corps minéralisés tendent à se limiter à une ou plusieurs unités, mais une minéralisation moindre a pu s'étendre aux autres. En général, les minéraux exploitables sont plus ou moins uniformément disséminés. Dans certains cas, la minéralisation s'étend à l'auréole fénitique. À Palabora, on rencontre le cuivre à la fois dans les carbonatites concentriques stratifiées et dans les carbonatites transgressives de type massif.

Les concentrations d'apatite résiduelle forment des couches irrégulières en nappes, qui recouvrent certaines intrusions de carbonatite érodée et altérée. À Araxa, le minerai de niobium se compose de concentrations résiduelles de pyrochlore.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*

(16.a) Pyrochlore-microlite, columbite-tantalite, bastnaesite, apatite.
(16.b) Chalcopyrite, bornite, cubanite, vermiculite, magnétite, apatite, uranothorianite, baddeleyite.
– Calcite, dolomite, hématite, magnétite, et divers constituants accessoires de la roche, et minéraux exploitables subordonnés rencontrés dans les carbonatites et les roches alcalines apparentées.

ÂGE, ROCHES FAVORABLES

D'âge divers. Généralement post-orogéniques (Oka, environ 0,12 milliard d'années; St-Honoré, 0,64 milliard d'années; Nemegosenda, 1,01 milliard d'année; Lackner Lake, 1,09 milliard d'années; Cargill, environ 1,8 milliard d'années; Palabora, >2,06 milliards d'années; Mountain Pass, Précambrien).

ÂGE, MINERAI

Syngénétique vis-à-vis des roches favorables. À Palabora, le cuivre est parfois d'origine légèrement plus récente. Les gisements résiduels sont liés à des discordances plus récentes.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

Les minerais sont les constituants primaires des complexes intrusifs à carbonatites, généralement mis en place en présence de tensions, grosso modo le long de réseaux de fractures crustales. Ces réseaux peuvent apparaître à une distance considérable de l'activité orogénique à laquelle ils sont associés. Les intrusions sont caractérisées par de faibles taux de silice et des rapports élevés CO_2/H_2O, et sont probablement engendrées à une profondeur appréciable à l'intérieur du manteau, mais subissent peut-être des modifications profondes dans la croûte.

Les phénomènes ultérieurs d'altération peuvent dans des conditions propices produire des concentrations résiduelles d'apatite et de pyrochlore, et favoriser la conversion de la phlogopite en vermiculite.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Les réseaux de fractures crustales profondes semblent généralement déterminer la distribution des complexes à carbonatite. 2. Des phases particulières des complexes à carbonatite contiennent les zones potentiellement minéralisées. 3. Les gisements résiduels en forme de nappe, créés par l'altération des carbonatites, peuvent contenir des concentrations d'apatite et de pyrochlore présentant un intérêt économique. 4. Les anomalies magnétiques et radiométriques annulaires sont particulièrement utiles pour découvrir des complexes non identifiés à carbonatite.
AUTEURS	K.R. Dawson, K.L. Currie

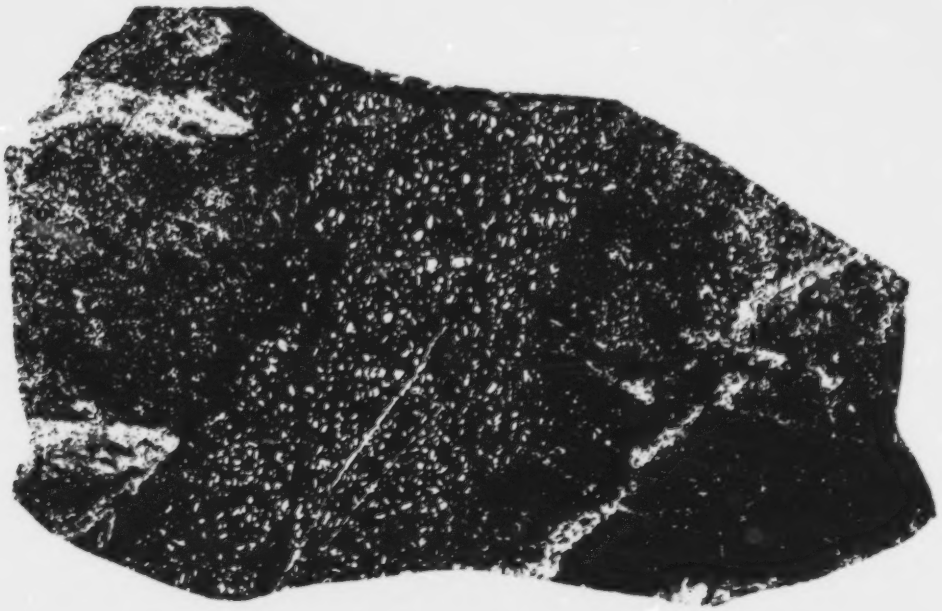


Figure 18. *17.a Gisement porphyrique de cuivre, molybdène et tungstène. Mine Granisle, Colombie-Britannique. Un dyke de porphyre interminéral recoupe un porphyre à grain fin, des filons de quartz contenant de la magnétite et de la chalcopyrite, et est lui-même recoupé par des filons quartzeux contenant de la chalcopyrite. L'échantillon a 25 cm de long. Échantillon : R.V. Kirkham (CGC 201531-M).*

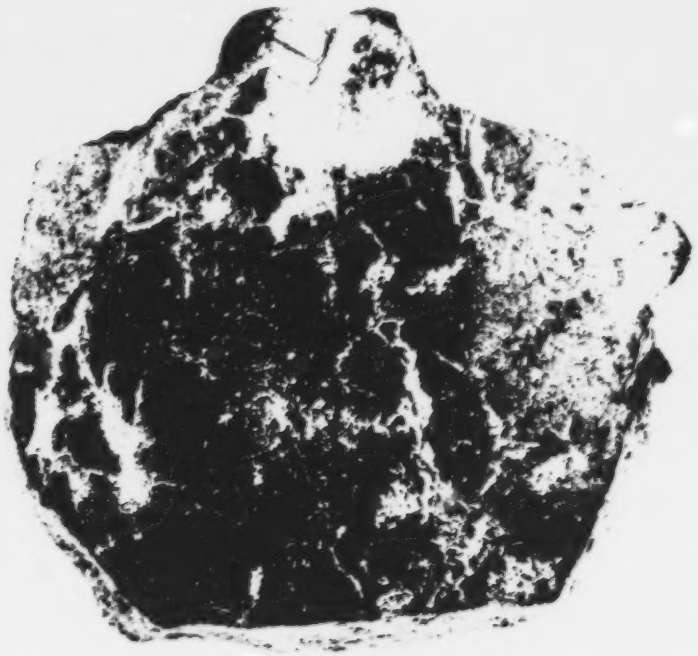


Figure 19. *17.b Gisement porphyrique de cuivre, molybdène et tungstène. Puits nº 2, Copper Mountain, Colombie-Britannique. Filons, lentilles et disséminations de chalcopyrite (blanche) typiquement erratiques et discontinus, dans une monzonite intensément altérée. L'échantillon a 17 cm de haut. Échantillon : R.V. Kirkham (CGC 203886-G).*

17. GISEMENTS PORPHYRIQUES DE CUIVRE, MOLYBDÈNE, TUNGSTÈNE

17.a Gisements de cuivre et molybdène associés à des roches calco-alcalines
17.b Gisements de cuivre associés à des roches alcalines
17.c Gisements de molybdène et tungstène associés à des roches calco-alcalines

PRODUITS

(17.a) Cu, Mo (Au, Ag, Re)
(17.b) Cu (Au, Ag)
(17.c) Mo, W (Sn, Bi)

EXEMPLES :
Canadiens – *étrangers*

(17.a) Island Cooper, Highland Valley, Brenda et Granisle, C.-B. – *Butte, Montana; Bingham, Utah; Morenci, Arizona; Cerro Colorado, Panama; Chuquicamata, El Teniente et El Salvador, Chili; Panguna, Nouvelle-Guinée; Atlas, Philippines; Sar Cheshmeh, Iran; Kounrad, U.R.S.S.*
(17.b) Copper Mountain, Alton et Galore Creek, C.-B.
(17.c) Endako, Alice Arm et Adanac, C.-B.; Logtung, Yukon; Mount Pleasant, N.-B. – *Climax et Henderson, Colorado; Yanchuling et Xinglokeng, Chine.*

IMPORTANCE

Canada : Ces gisements fournissent 30 à 40 % de la production de cuivre et toute la production de molybdène. L'or et l'argent sont des sous-produits importants. Ils représentent environ 60 % des réserves du cuivre et 99 % des réserves de molybdène.
Monde : Ces gisements représentent environ 60 % des réserves mondiales de cuivre et 99 % des réserves mondiales de molybdène.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

(17.a) 0,2 à 1 % du Cu, 0,01 à 0,05 % de Mo; 50 à 1 000 millions de tonnes (on connaît des gisements plus vastes à l'extérieur du Canada)
(17.b) 0,5 à 1,0 % de Cu, 0,2 à 1,0 g d'Au/tonne; 30 à 130 millions de tonnes.
(17.c) 0,08 à 0,20 % de Mo, 0 à 0,20 % de W; 50 à 500 millions de tonnes.

CADRE GÉOLOGIQUE

Gisements associés à des intrusions épizonales ou mésozonales, felsiques à intermédiaires, saturées et sous-saturées en silice.
(17.a) Près des marges de plaques en voie d'absorption, dans un environnement d'arcs insulaires continentaux.
(17.b) A proximité des marges de plaques en voie d'absorption, dans des systèmes de fossés tectoniques intérieurs aux arcs.
(17.c) Dans des plateaux continentaux surélevés et fossés tectoniques des systèmes d'arcs (?), et peut-être au-dessus de panaches isolés issus du manteau.
La plupart des gisements porphyriques d'âge Précambrien se situent à l'intérieur ou à proximité des marges de zones de roches vertes.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES ET ROCHES ASSOCIÉES

Très variables. Les roches minéralisées comprennent des intrusions génétiquement apparentées, et des roches encaissantes environnantes apparentées ou non, englobant diverses roches sédimentaires, volcaniques, intrusives et métamorphiques. Les intrusions génétiquement apparentées sont typiquement des roches porphyriques épizonales à mésozonales caractérisées par les séries pétrologiques suivantes :
(17.a) Diorite à granite, principalement granodiorite et adamellite; leurs équivalents effusifs et les brèches andésitiques de type pyroclastique sont des roches encaissantes communes.
(17.b) Diorite à syénite néphélinique, principalement monzonite et syénite; les roches volcaniques alcalines apparentées sont des roches encaissantes communes.
(17.c) Adamellite leucocrate et granite, y compris des granites anatectiques dérivés des sédiments ("type S").

L'altération hydrothermale est étendue; elle est typiquement représentée par une zone potassique interne (par ex., avec biotite, feldspath potassique) étroitement associée à des sulfures exploitables, puis par une zone concentrique d'altération propylitique (par ex., avec épidote, chlorite, calcite) à laquelle est associée la pyrite. L'altération phyllitique (par ex., accompagnée de quartz, séricite, pyrite) et argilique (par ex., accompagnée de quartz, kaolin, montmorillonite) peut être constituée en partie de la zonation qui sépare les zones potassiques et propylitiques, ou être légèrement irrégulière, ou encore constituer des zones tabulaires plus récentes surimposées aux assemblages d'altération et sulfurés plus anciens.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

Configuration variable : irrégulière, ovale, cylindrique solide ou creuse, ou en forme de dôme inversé (et parfois, en forme d'empilement). Vastes dimensions (dimensions typiques plusieurs fois 1 000 × plusieurs fois 1 000 × plusieurs fois 1 00 mètres). La minéralisation est surtout déterminée par les éléments structuraux; on rencontre principalement des stockwerks, filons, groupes de filons, brèches, disséminations et substitutions. Les sulfures et les produits d'altération apparentés présentent dans de nombreux cas une zonation approximativement concentrique aux "centres" de minéralisation. Toutefois, les zones de minéralisation et d'altération d'âges différents étant décalées spatialement dans certains gisements, la configuration générale peut être complexe et irrégulière.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*

(17.a) Chalcopyrite, bornite, chalcocite, énargite, autres minéraux cuprifères, molybdénite.
– *Pyrite, autres sulfures, magnétite, quartz, biotite, feldspath potassique, anhydrite, muscovite, minéraux argileux, épidote, chlorite.*
(17.b) Chalcopyrite, bornite, autres minéraux cuprifères, or natif.
– *Pyrite, autres sulfures, magnétite, quartz, biotite, feldspath potassique, anhydrite, épidote, chlorite, scapolite, albite, calcite, grenats.*
(17.c) Molybdénite, scheelite, wolframite, cassitérite.
– *Pyrite, bismuthinite, autres sulfures, bismuth natif, magnétite, quartz, feldspath potassique, biotite, muscovite, minéraux argileux, fluorine, topaze.*

ROCHES FAVORABLES	Archéen à Holocène.
ÂGE, MINERAI	Archéen à Holocène, mais la plupart des gisements exploitables sont d'âge Mésozoïque ou Tertiaire. Ils sont pénécontemporains des intrusions apparentées.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Magmatique-hydrothermal, vastes volumes de fluides aqueux très salins soumis à des pressions élevées, migrant vers le haut et l'extérieur à partir d'un centre magmatique. D'importantes fracturations (± accompagnées de brèches) sont associées à la formation du minerai. La minéralisation et l'altération accompagnant l'activité intrusive, se sont déroulées suivant des étapes multiples, généralement surimposées ou se chevauchant. Les premiers stades de formation du minerai ont été dominés par la présence d'eau magmatique; pendant les étapes finales, la minéralisation et l'altération ont été dominées par l'afflux d'eau météorique. Les gisements porphyriques de cuivre ont parfois été enrichis par une altération ultérieure, mais ceci n'est habituellement pas un détail important dans le cas des gisements canadiens.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Intrusions épizonales à mésozonales, de type felsique à intermédiaire, typiquement porphyriques, présentant des caractères hydrothermaux associés d'une grande importance, comme la présence de sulfures, de minéraux d'altération, de filons, de stockwerks et de brèches. 2. L'altération en rapport avec l'activité hydrothermale montre généralement une zonation. 3. Zonation métallique et minérale; généralement d'allure concentrique, mais pouvant être complexe et légèrement irrégulière. 4. Existence de structures favorables bien développées, comme des stockwerks, des fractures, des réseaux de failles et des brèches. 5. La zone d'enrichissement créée par l'altération du gisement sulfuré primaire peut montrer une teneur beaucoup plus élevée en cuivre, ce qui rend plus intéressante l'exploitation du gisement. 6. Les études géochimiques de la surface et des roches peuvent être des guides efficaces de prospection des gisements.
AUTEURS	R.V. Kirkham, W.D. Sinclair

Figure 20. *17.c Gisement porphyrique de cuivre, molybdène, tungstène. Mine Kitsault, Colombie-Britannique. Dyke porphyrique interminéral typique, recoupant un porphyre granodioritique fortement altéré. Le dyke tronque certains filons quartzeux contenant de la molybdénite; il est à son tour intersecté par d'autres filons. En haut à gauche, le spécimen constitué d'un filon tardif de quartz-carbonate-sphalérite-galène. Échantillon : R.V. Kirkham (CGC 202871-F).*

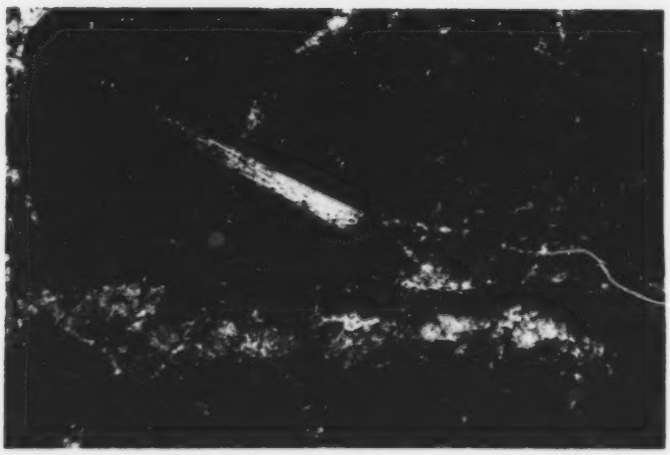


Figure 21. *17.c Gisement porphyrique de cuivre, molybdène, tungstène. Mine Kitsault, Colombie-Britannique. Stockwerk typique à filons quartzeux contenant de la molybdénite, et recoupant un petit dyke de granodiorite porphyrique et d'aplite. Photo : R.V. Kirkham (CGC 3-16-72).*

18. GISEMENTS D'ÉTAIN DANS DES FILONS ET STOCKWERKS

PRODUITS	Sn (W, Mo, Cu, Zn, Ag, Bi)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	East Kemptville, N.-É.; Mount Pleasant (Zones de Sn), N.-B.; – *Cornouailles, Angleterre; Altenberg, Allemagne de l'Est; Hub, Tchécoslovaquie; Catavi, Oruro et Chorolque, Bolivie; Aberfoyle et Taronga, Australie; Akenobe, Japon.*
IMPORTANCE	Canada : aucune production actuelle; production potentielle à East Kemptville, N.-É. Monde : environ 50 % de la production d'étain en 1973.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	1 à 5 millions de tonnes contenant 0,85 à 1,4 % de Sn (par ex., zones de Sn de Mount Pleasant, N.-B.; Aberfoyle, Australie; mine Geever, Cornouailles, Angleterre). 15 à 80 millions de tonnes contenant 0,2 à 0,3 % de Sn (par ex., Altenberg, Allemagne de l'Est; East Kemptville, N.-É.; Taronga, Australie; Redmoor et Hemerdon, Cornouailles, Angleterre). 100 à 1 000 millions de tonnes contenant 0,2 à 0,5 (?) % de Sn (par ex., Catavi et Oruro, Bolivie).
CADRE GÉOLOGIQUE	Coupoles ou dômes associés à des intrusions granitiques hypabyssales, intrusions peu profondes à subvolcaniques et cheminées bréchiques apparentées; dans les zones orogéniques, en particulier dans les régions miogéosynclinales.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Roches granitiques hyperalumineuses ("type S"); roches granitiques calco-alcalines riches en silice et en potasse, et leurs équivalents aphanitiques. La minéralisation peut s'étendre aux roches encaissantes.
ROCHES ASSOCIÉES	Roches sédimentaires et roches volcaniques subordonnées provenant d'un miogéosynclinal, roches granitiques et métamorphiques plus anciennes.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Filons tabulaires à irréguliers, et réseaux de filons; stockwerks ovales, cylindriques et irréguliers. La minéralisation a eu lieu dans des filons et veinules, le long de fractures, et apparaît sous forme disséminée dans la roche encaissante altérée.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Cassitérite, stannite, autres sulfures et sulfosels d'étain, wolframite, molybdénite, bismuthinite, chalcopyrite, sphalérite. – *Pyrite, pyrrhotine, hématite, arsénopyrite, tourmaline, topaze, fluorine, muscovite, béryl, lépidolite, zinnwaldite, biotite, chlorite, quartz, feldspath potassique, minéraux argileux.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Précambrien à Tertiaire.
ÂGE, MINERAI	Pénécontemporain des intrusions associées. Précambrien à Tertiaire; les résultats des datations se groupent principalement autour du Silurien et Dévonien, du Permien, du Jurassique et Crétacé, et du Tertiaire.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	L'étain s'est concentré dans les phases fluides ou gazeuses riches en B ou F, ou B et F, associées aux magmas granitiques siliceux et potassiques probablement engendrés par la fusion anatectique des roches sédimentaires (granites de "type S"). À l'intérieur de ces intrusions et de leurs roches encaissantes adjacentes, l'étain s'est déposé (généralement en multiples étapes) dans des failles, fractures, brèches, et dans la roche encaissante altérée.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Gisements généralement associés à des roches granitiques caractérisées par des anomalies en Sn, F, Cl, Li, B, Rb; recherchez les phases intrusives enrichies en cas éléments, en particulier les coupoles, dômes et intrusions subvolcaniques locaux. 2. La minéralisation est typiquement déterminée par les fractures; recherchez une densité élevée de fracturation, de même que des fractures minéralisées transversales, ou des réseaux filoniens indiquant des étapes multiples de minéralisation. 3. La minéralisation en étain est généralement associée à une altération des feldspaths et de la biotite (greisénisation), avec apport de quartz-muscovite-topaze ± fluorine. 4. La zonation minéralogique et métallurgique peut apparaître à petite échelle (filons isolés, ou réseaux de filons), ou à grande échelle (districts), ou les deux.
AUTEURS	W.D. Sinclair, R.V. Kirkham

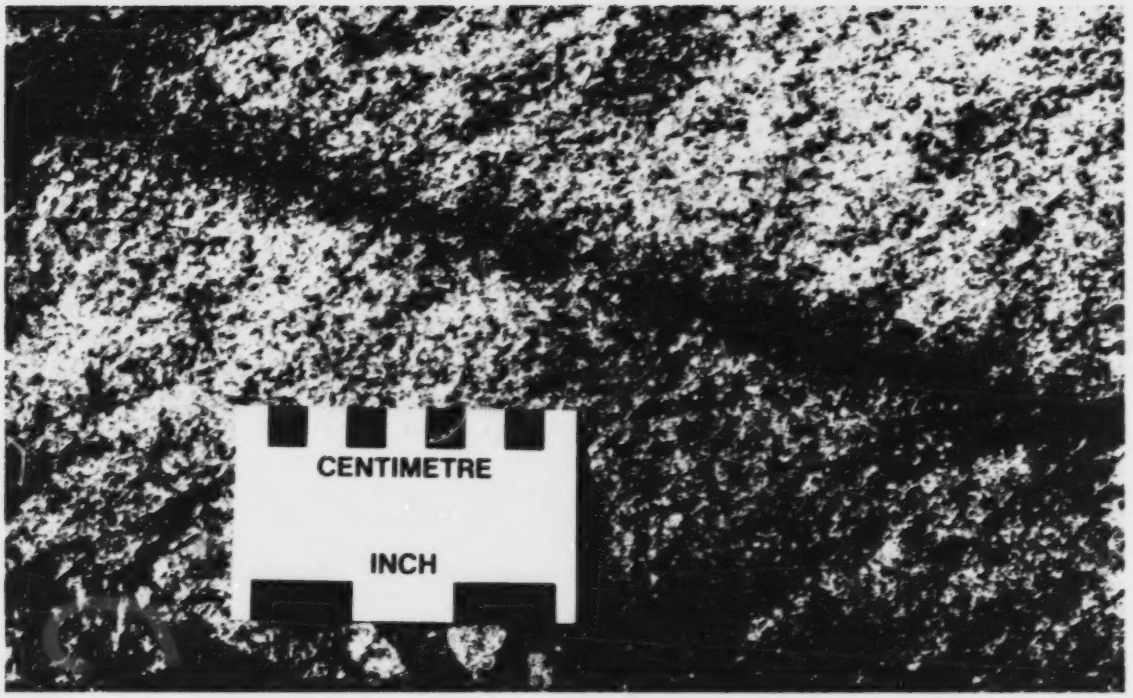


Figure 22. *18 Filon et stockwerk stannifères East Kemptville, Nouvelle-Écosse. Zone greisenisée de quartz, topaze et muscovite, formant une enveloppe d'altération d'environ 2 cm de large autour d'une veinule de quartz recoupant un granite séricitisé; gisement d'étain d'East Kemptville. Ces zones contiennent de la cassitérite, ainsi que de la pyrite, de la sphalérite, de la chalcopyrite, de la pyrrhotine, un peu de wolframite et d'autres minéraux sulfurés. Photo : W.D. Sinclair (CGC 203886-Q).*

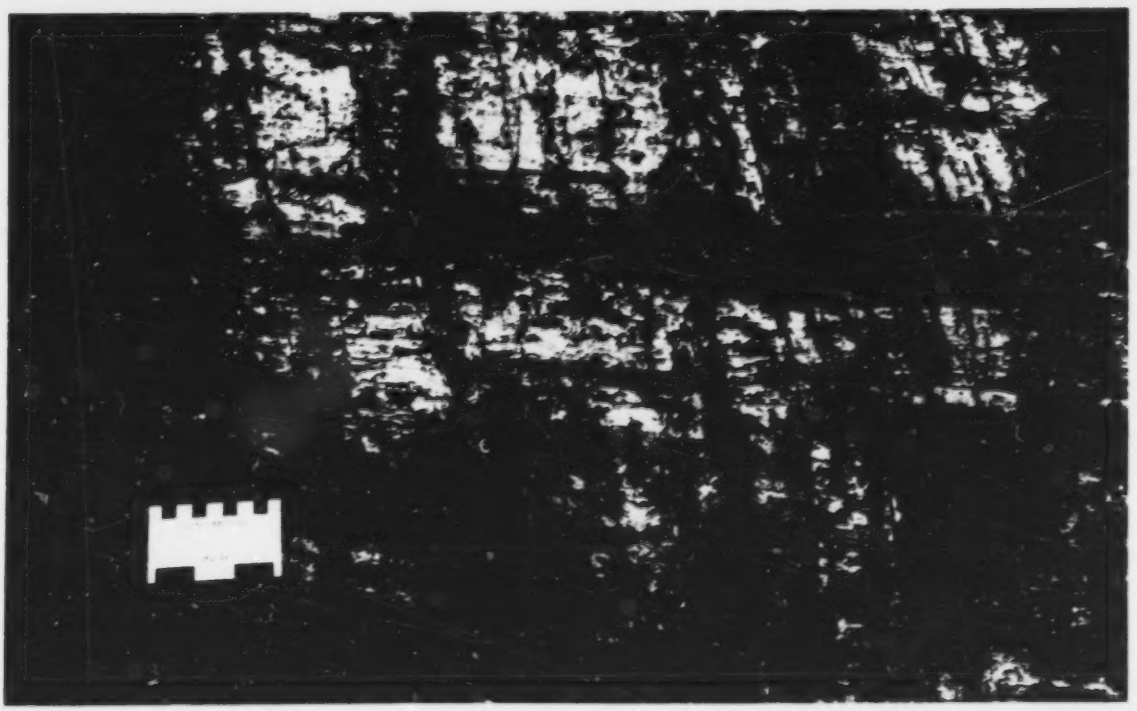


Figure 23. *18 Filon et stockwerk stannifères. Todd Mountain, Nouveau-Brunswick. Faisceau subparallèle de filons, veinules et fractures contenant de la cassitérite, et recoupant une cornéenne feuilletée à biotite. Photo : W.D. Sinclair (CGC 203425-I).*

19. GISEMENTS DANS DES SKARNS

19.1 GISEMENTS DE TUNGSTÈNE DANS DES SKARNS

PRODUITS

W (Cu, Zn, Mo, Bi)

EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*

Cantung, T.N.-O.; Mactung, Yukon; district de Salmo, C.-B. – *Bishop District, Californie; Sangdong, Corée du Sud; King Island, Tasmanie, Australie*

IMPORTANCE

Canada : presque 100 % du tungstène produit provient de skarns. Les quantités extraites représentent environ 5 % de la production mondiale annuelle.
Monde : les skarns sont le type le plus commun de gîtes économiquement exploitables de tungstène et fournissent d'après les estimations 30 % de la production totale.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

Les dimensions sont très variables; la teneur se situe généralement entre 0,4 et 2,0 % du WO_3. Cinq des plus grands gisements sont :

Mactung – 57 millions de tonnes, 0,95 % de WO_3
Cantung – 9 millions de tonnes, 1,4 % de WO_3, 0,2 % du Cu
King Island – 13 millions de tonnes, 0,8 % de WO_3
Sangdong – 3,8 millions de tonnes, 1,75 % de WO_3
Bishop District – environ 10 millions de tonnes, 1,5 % de WO_3

CADRE GÉOLOGIQUE

Dans les auréoles métamorphiques étendues, aux points de contact entre les roches intrusives felsiques et les roches sédimentaires calcaires. Les skarns de la Cordillère sont situés aux endroits où les plutons du Mésozoïque supérieur traversent obliquement les successions paléozoïques à carbonates et pélites des plates-formes extérieures. La mise en place des skarns à tungstène a eu lieu à température généralement plus élevée, à plus grande profondeur, et dans un milieu plus réducteur que celle des skarns cuprifères et zincifères, comme l'indiquent les auréoles métamorphiques de contact de grande étendue, la texture grossière des roches intrusives, la présence de migmatites, les rapports peu élevés fer ferrique/ferreux et les quantités abondantes de carbone et de pyrite dans la roche favorable.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

Équivalents métamorphisés par contact de lits calcaires relativement purs, de calcaires impurs, et de pélites calcaires à carbonées : skarns et cornéennes calco-silicatées et à biotite et pyrite. Les skarns de la Cordillère se sont développés de façon préférentielle dans l'épais lit calcaire le plus bas de la succession stratigraphique protérozoïque à paléozoïque. Les calcaires cambriens, recouverts par des pélites et des argiles litées carbonées, et interstratifiés avec celles-ci, sont un cadre typique de la minéralisation.

ROCHES ASSOCIÉES

Stocks, plutons on batholites felsiques calco-alcalins : les adamellites (monzonites quartzifères) sont les roches les plus communes, les tonalites (diorites quartzifères) les moins communes. Les plutons ont généralement un grain grossier, sont porphyriques et non altérés, mais les phases marginales peuvent argilisées, greisenisées ou tourmalinisées localement. Les filons quartzeux dans les stockwerks ne sont pas étendus, mais sont plus abondants dans les roches intrusives que dans les skarns. Il y a peu de dykes porphyriques associés, mais les dykes pegmatitiques et aplitiques sont fréquents. Les colonnes bréchiques, et les brèches intrusives et de friction sont absentes.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

Généralement, sous forme d'unités essentiellement stratiformes, à des dizaines ou des centaines de mètres de distance d'un contact intrusif; aussi, sous forme de corps semi-concordants à discordants, à proximité immédiate d'un contact intrusif; moins souvent sous forme de xénolites, d'apophyses et de corps tabulaires à l'intérieur d'un phase plutonique. La scheelite se trouve dans l'assemblage stratiforme de skarns à almandine et hédenbergite, qui se surimpose aux contacts avec les cornéennes calco-silicatées, mais elle peut aussi être redistribuée de façon erratique, en rapport avec les zones d'altération régressive à amphibole et biotite.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*

Scheelite
– *Chalcopyrite, sphalérite, molybdénite, pyrrhotine, pyrite (tardive); et minéraux de gangue communs, pyroxènes (diopside-hédenbergite) et grenats (grossulaire-andradite-almandine), calcite, dolomite, quartz, biotite; les minéraux moins abondants sont la vésuvianite, le sphène, la wollastonite, l'anorthite, la fluorine, et les minéraux d'altération silicatés communs.*

ÂGE, ROCHES FAVORABLES

Protérozoïque supérieur à Trias, mais surtout Cambrien.

ÂGE, MINERAI

Pénécontemporain des roches intrusives associées : Jurassique supérieur à Tertiaire inférieur dans la Cordillère.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

Le tungstène, les métaux associés et le soufre ont peut-être été entraînés à la fois hors du pluton et des pélites constituant la roche favorable, par la circulation d'un liquide magmatique-hydrothermal ou par la circulation des eaux souterraines, ou celle des eaux de formation, ou les deux à la fois. Le dépôt de scheelite a principalement été régi par les réactions métasomatiques progressives entre la fluide minéralisé et la roche favorable calcaire à l'intérieur de l'auréole thermique du pluton; il a accompagné le développement, pendant la phase principale, d'un skarn à almandine-hédenbergite, surimposé à l'auréole de cornéennes calco-silicatées. Simultanément, un assemblage à wollastonite et vésuvianite est apparu dans le marbre, et un assemblage à pyroxène-épidote-plagioclase dans les plutons et les cornéennes pélitiques. Le refroidissement ultérieur et l'afflux d'eau météorique ont provoqué une altération régressive hydratée des minéraux calco-silicatés, la redistribution de la scheelite (y compris son épuisement ou son enrichissement), et le dépôt de sulfures.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

1. Zone étendue de cornéennes à proximité d'un pluton exposé, ou sus-jacente à un pluton enfoui.
2. Lits calcaires relativement épais, purs ou impurs.
3. Contacts peu inclinés entre le pluton et les calcaires.
4. Pièges structuraux et stratigraphiques dans la roche favorable carbonatée et pélitique.
5. Irrégularités dans les contacts entre le pluton et les calcaires, en particulier rentrants et creux.
6. Fracturation des stockwerks, le long du contact entre le pluton et les calcaires.

AUTEUR

K.M. Dawson

19.2 GISEMENTS DE ZINC-PLOMB-ARGENT DANS DES SKARNS

PRODUITS

Zn, Pb, Ag (Cu, W)

EXEMPLES :
Canadiens – *étrangers*

Batholites de Cassiar et Mount Billings, Yukon; gisements HPH et Zip, C.-B.; Meat Cove, N.-É.
– District minier central (Hanover), Nouveau-Mexique; Santa Eulalia, Chihuahua, Mexique; Trepca, Yougoslavie; Yeonhua, Corée.

IMPORTANCE

Canada : de nombreux gisements de faible intérêt économique, de petite taille, dans le nord de la Cordillère, dans l'île de Vancouver et dans les Appalaches.
Monde : exploitation significative, ancienne et actuelle, des gisements du Mexique, du Nouveau-Mexique, de la Yougoslavie, de la Corée, du Japon, de la Californie, de l'Argentine, de l'U.R.S.S., de la Chine.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

Canada : moins d'un million de tonnes, contenant 10 à 20 % de Zn ou Zn + Pb, 30 à 60 g d'Ag/tonne.
Étranger : certains exemples de vastes gisements :
Santa Eulalia – 29 millions de tonnes, 11 % de Zn, 10 % de Pb, 200 g d'Ag/tonne
District minier central – 18 millions de tonnes, 14 % de Zn, 0,3 à 4 % de Pb, 1 % de Cu, 70 à 140 g d'Ag/tonne.
Mine Stri Trg, Trepca – 12,5 millions de tonnes, 3,8 % de Zn, 8,6 % de Pb, 0,2 % du Cu, 140 g d'Ag/tonne
Yeonhua I et II – 9,6 millions de tonnes, 6,6 % de Zn, 3,0 % de Pb, 0,1 % de Cu

CADRE GÉOLOGIQUE

Soit dans des auréoles métamorphiques aux points de contact entre des roches intrusives felsiques à intermédiaires et des roches sédimentaires calcaires, ou le long des zones de faiblesse structurale dans les roches non métamorphisées à une certaine distance de la source intrusive. Les auréoles métamorphiques de contact sont moins étendues que dans les skarns riches en tungstène et en cuivre. Les skarns de la Cordillère sont typiquement situés aux endroits où des plutons du Mésozoïque supérieur sont intrusifs obliquement dans des successions pélitiques et carbonatées de plates-formes extérieures, datant du Paléozoïque inférieur, excepté dans l'île de Vancouver, où les roches traversées par les intrusions sont des successions volcaniques-carbonatées d'arc océanique, d'âge Paléozoïque et Mésozoïque. En Nouvelle-Écosse, les roches traversées sont des successions carbonatées précambriennes de plate-forme.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

La plupart des skarns de la Cordillère sont les équivalents métamorphisés par contact de lits calcaires relativement purs, de calcaires impurs, et de pélites calcaires, ou leurs équivalents résultant du métamorphisme régional : des skarns et cornéennes (avec calco-silicates et biotite-pyrite). Dans l'île de Vancouver, les skarns se trouvent dans des lits calcaires épais entre des coulées basaltiques et des roches pyroclastiques. En Nouvelle-Écosse, les skarns se trouvent dans un marbre précambrien intensément métamorphisé.

ROCHES ASSOCIÉES

Stocks ou plutons felsiques à intermédiaires : les adamellites sont les plus communes, les tonalités les moins communes; aussi, plutons et intrusions mineures leucogranitiques (syénite à Meat Cove). Les dykes et filons-couches sont localement abondants. Les phases marginales peuvent être argilisées et localement greisenisées ou tourmalinisées. Les filons quartzeux sont plus abondants dans les roches intrusives que dans les skarns. Les roches intrusives ne se trouvent généralement pas en contact avec des skarns.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

De configuration variable : des skarns plus ou moins stratiformes suivent le litage calcaire à proximité des contacts plutoniques; des corps semi-concordants à discordants et allongés existent fréquemment à l'emplacement des contacts lithologiques et structuraux, à une certaine distance des marges des plutons et des dykes; de minces couches concordantes de skarn apparaissent dans les schistes à biotite. Les skarns proximaux zincifères-plombifères ont généralement une teneur relativement élevée en cuivre et tungstène; les skarns distaux sont généralement riches en manganèse, argent et plomb.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables
– Minéraux associés

Sphalérite (principalement ferrifère) plus abondante que la galène.
– Chalcopyrite, scheelite, pyrrhotine, pyrite, arsénopyrite. Minéraux calco-silicatés riches en Fe et Mn : les pyroxènes manganifères du type de la hédenbergite sont prédominants; grenats du type de l'andradite, diopside, hastingsite, épidote, magnétite, vésuvianite, wollastonite. Minéraux rétrométamorphiques : actinolite manganifère, chlorite, épidote, ilvaïte, rhodonite, fluorine, calcite et quartz. A Meat Cove, l'assemblage d'affinité syénitique comprend des minéraux sous-saturés en silice, comme la scapolite.

ROCHES FAVORABLES

Protérozoïque supérieur à Crétacé.

ÂGE, MINERAI

Contemporain des roches intrusives associées : âge Jurassique à Tertiaire inférieur dans la Cordillère. Les skarns concordants de Mount Billings peuvent être liés à un épisode de métamorphisme régional plus ancien.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

Zn, Pb et les métaux associés auraient peut-être été extraits des plutons et des roches encaissantes par un système de produits magmatiques et solutions hydrothermales, par les eaux souterraines ou les eaux de formation, ou par toutes deux. Un grand nombre de mécanismes chimiques peuvent favoriser le transport des métaux, en particulier la complexation de ces derniers par des fluorures et des chlorures. Le dépôt des métaux est principalement dû à la réaction des fluides minéralisés avec le carbonate de calcium des roches encaissantes. La zonation des métaux suivant des assemblages initiaux, proximaux, pauvres en fer, riches en cuivre et tungstène, des assemblages intermédiaires riches en Pb-Zn-Ag, et des assemblages tardifs, distaux, riches en fer et manganèse, reflète probablement l'évolution chimique du fluide métasomatique à mesure que l'on s'éloigne de la source du métamorphisme de contact. La formation des skarns concordants renfermant des métaux de base peut être pénécontemporaine de celle des schistes calcaires, à proximité des corps granitiques synmétamorphiques situés dans des terrains migmatitiques fortement métamorphisés; ces skarns ne correspondent pas à des gisements sulfurés stratiformes prémétamorphiques.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

1. Lits calcaires relativement épais.
2. Contacts faiblement inclinés, entre les plutons et les calcaires.
3. Pièges structuraux et stratigraphiques dans les roches favorables.
4. Irrégularités des contacts entre le pluton et les calcaires, en particulier rentrants et creux.
5. Fracturation des stockwerks le long des contacts entre le pluton et les calcaires.
6. Contacts entre les calcaires et les leucogranites dans les terrains de type migmatitique ou fortement métamorphisés.
7. Certains skarns zincifères suivent les contacts avec les failles ou les dykes, ou avec les deux, à une certaine distance du contact intrusif.

AUTEURS

K.M. Dawson, D.F. Sangster

19.3 GISEMENTS DE FER DANS DES SKARNS

19.3.a Gisements associés à des intrusions (métasomatisme de contact)
19.3.b Gisements stratiformes dans des terrains métamorphiques

PRODUITS	**(19.3.a)** Fe (Cu, W, Sn) **(19.3.b)** Fe
EXEMPLES : **Canadiens – *étrangers***	**(19.3.a)** Tasu, île Texada, C.-B. – *Cornwall, Pennsylvanie; Iron Springs, Utah; Tayeh, Chine; Magnitnaya, U.R.S.S.* **(19.3.b)** Marmora, Ontario.
IMPORTANCE	Canada : faible production actuelle et ancienne; gîtes d'importance secondaire. Monde : principaux gîtes producteurs en U.R.S.S., au Pérou, en Chine.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Canada : gisements atteignant 30 millions de tonnes de minerai de teneur moyenne 40 à 50 % de Fe. Étranger : gisements atteignant 1 000 millions de tonnes, U.R.S.S.; 100 à 200 millions de tonnes, en Chine, au Pérou, aux U.S.A.
CADRE GÉOLOGIQUE	**(19.3.a)** Les gisements sont souvent situés dans des zones mobiles de successions métavolcaniques-métasédimentaires contenant des calcaires aux points de contact ou près des contacts avec des intrusions de composition diverse. **(19.3.b)** Les gisements apparaissent dans des successions volcano-sédimentaires fortement métamorphisées et déformées; il peut ou non y avoir des intrusions.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES ET ROCHES ASSOCIÉES	Calcaires, dolomies, skarns caractérisés par des assemblages calco-silicatés et diverses roches métasédimentaires; tous ces types de roches peuvent être minéralisés. **(19.3.a)** On trouve des roches intrusives de composition comprise entre les adamellites (monzonites quartzifères) et les syénites et gabbros, habituellement à proximité des minerais; dans certains cas, ces roches sont aussi minéralisées. **(19.3.b)** De nombreux gisements contiennent des stratifications de silicates-carbonates-quartz-magnétite (métasédiments, roches métavolcaniques), associées à des masses irrégulières plus typiques de magnétite remobilisée.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	La configuration des gisements est variable; il peut s'agir de filons dispersés et irréguliers ou de masses de type dyke de minerai massif ou disséminé (principalement sous-type 19.3.a), ou de corps minéralisés tabulaires et massifs ou concordants et stratifiés, de caractère plus uniforme (principalement sous-type 19.3.b). La distribution des minéraux est sporadique à uniforme.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Magnétite, hématite, martite, chalcopyrite. *– Pyrite, pyrrhotine; apatite, assemblages de skarns calco-silicatés, calcite, dolomite*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Précambrien à Holocène. Dans les régions côtières de Colombie-Britannique, un grand nombre de gisements sont associés à des calcaires du Trias supérieur et à des intrusions jurassiques.
ÂGE, MINERAI	**(19.3.a)** Pénécontemporain des intrusions. **(19.3.b)** Les concentrations de fer peuvent être du type syngénétique sédimentaire, ou du type métasomatique associé au métamorphisme régional, ou tous deux.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	**(19.3.a)** Métasomatisme hydrothermal des roches encaissantes, contemporain de la mise en place des intrusions. Les calcaires ont précipité localement la magnétite, probablement en augmentant le pH des fluides minéralisés. **(19.3.b)** Dans certains cas, il est probable que ces gisements correspondent à des sédiments ou des roches magmatiques mafiques, initialement ferrifères, associés à des calcaires et ultérieurement métamorphisés. Dans d'autres cas, les concentrations actuelles de fer résultent peut-être principalement de la mobilisation du fer et du métasomatisme des roches favorables (typiquement calcaires) durant le métamorphisme.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	**(19.3.a)** 1. Zones de contact avec des intrusions. 2. Roches encaissantes volcaniques/sédimentaires renfermant des calcaires. **(19.3.b)** Successions supracrustales fortement métamorphisées et déformées, contenant des strates ferrugineuses et calcaires.
AUTEUR	G.A. Gross

19.4 GISEMENTS DE CUIVRE DANS DES SKARNS

PRODUITS	Cu (Fe, Au, Ag, Mo)
EXEMPLES : **Canadiens – *étrangers***	Craigmont, Phoenix, Ingerbelle et Coast Copper, C.-B.; Whitehorse Copper, Yukon; mines Gaspé Copper et Madeleine, Québec – *Carr Fork, Utah; Ertsberg, Indonésie.*
IMPORTANCE	Canada : le minerai extrait de gisements dans des skarns représente environ 10 % de la production, et environ 6 % des réserves de cuivre du Canada. Monde : des gisements significatifs de cuivre dans des skarns existent dans divers pays du globe; en Chine, les skarns sont une importante source de minerai de cuivre.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Canada : la production des gisements exploités se situe entre 100 000 tonnes de teneur moyenne 1,5 % de Cu et 200 millions de tonnes de teneur moyenne 0,4 % de Cu, mais la majeure partie des gisements d'intérêt économique contiennent 1 à 20 millions de tonnes, contenant en moyenne 1 à 2 % de Cu.
CADRE GÉOLOGIQUE	La plupart des gisements de cuivre dans des skarns se trouvent dans des zones mobiles, dans des calcaires ou des calcaires impurs, ou à proximité de ceux-ci, au contact ou près du contact avec des intrusions mafiques à felsiques. Les très vastes gisements de cuivre dans des skarns se situent principalement dans les districts de gîtes porphyriques cuprifères.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Calcaires cristallins, calcaires impurs, dolomies, skarns, contenant C-Mg et roches métavolcaniques et méta-intrusives.
ROCHES ASSOCIÉES	Les intrusions peuvent avoir l'une des compositions suivantes : gabbro à granite : diorite à syénite, ou leurs équivalents porphyriques ou aphanitiques. Les roches encaissantes des intrusions comprennent diverses roches sédimentaires, volcaniques et métamorphiques.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Corps irréguliers, tabulaires, filoniens ou quasi-concordants, contenant du minerai sporadique, massif ou disséminé.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Chalcopyrite, magnétite, bornite, molybdénite. *– Pyrite, pyrrhotine, autres sulfures, hématite, calcite, dolomite, quartz, andradite-grossularite, diopside-hédenbergite, épidote, actinolite, trémolite, chlorite, wollastonite, serpentine, feldspath potassique, talc, biotite.*
ÂGE, MINERAI	Précambrien à Holocène, principalement Phanérozoïque. Pénécontemporain des intrusions apparentées.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Gîtes de substitution hydrothermale, avec remplissage subordonné des cavités; produits de systèmes hydrothermaux liés à la mise en place des intrusions. Les métaux proviennent peut-être des intrusions, ou des roches encaissantes environnant le gisement.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Épais lits calcaires, dans des séquences par ailleurs pauvres en carbonates. 2. Étroite proximité d'un centre magmatique-hydrothermal tel qu'un gisement porphyrique de cuivre. Les vastes gisements cuprifères bien minéralisés de type skarn, sont rarement distants de plus de quelques centaines de mètres de leurs intrusions associées. 3. Présence de voies de passage des fluides minéralisants; fractures, failles, stockwerks, brèches et unités stratigraphiques perméables. Les skarns liés aux gisements porphyriques de cuivre sont souvent caractérisés par une plus grande densité des filons et des fractures, que les autres. 4. Zonation métallique; dans certains gisements, le cuivre se concentre près des contacts entre les skarns et le marbre, tandis que le plomb, le zinc et l'argent tendent à être plus distants de ceux-ci, et situés dans le marbre ou les autres roches. Dans les districts de gîtes porphyriques de cuivre, les skarns cuprifères contenant du molybdène sont souvent situés en profondeur dans l'ensemble porphyrique, tandis que les skarns cuprifères associés au zinc sont généralement plus distants.
AUTEURS	R.V. Kirkham, W.D. Sinclair

(voyez planche 13, page 11)

20. GNEISS ALCALINS CONTENANT DE LA DÉPHÉLINE ET DU CORINDON

20.a "Syénite néphélinique"
20.b Corindon
20.c Molybdène

PRODUITS

(20.a) "Syénite néphélinique" (alumine, mica blanc, corindon, sodalite, cancrinite, lapis lazuli).
(20.b) Corindon (gahnite)
(20.c) Mo

EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*

(20.a) Blue Mountain, zone de Haliburton-Bancroft-Renfrew, et Bigwood, Ontario; Frenchman's Cap et Trident Mountain, C.-B.; Lake Harbour, Terre de Baffin, T.N.-O. – *Vishnevogorsk, Ilmenogorsk et Mongol-Tuva, U.R.S.S.; Kishingar, Inde; Kipong et Dufo, Ghana; Makaraingobe, république de Malagasy.*
(20.b) Mines Craigmont et Burgess, Ontario – *Tambani et Port Herald, Malawi.*
(20.c) Mount Copeland, C.-B. – *Darkainle, Somalie.*

IMPORTANCE

(20.a) Canada : probablement 100 % de la production mondiale de "syénite néphélinique"; importantes réserves. Ailleurs, les réserves ne sont pas définies. Probablement 100 % de la production mondiale de sodalite; réserves faibles. Production mineure de lapis lazuli et de cancrinite; faibles réserves.
(20.b) Canada : autrefois, le principale fournisseur de corindon du monde. Les réserves peuvent être égales ou supérieures à celles de tous les autres pays réunis. Production mineure de corincon précieux; très faibles réserves.
(20.c) Les réserves canadiennes et autres dans ce type de gisement sont peu importantes par rapport aux autres types de gisements de molybdène.

TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES

(20.a) Blue Mountain : production d'environ 700 000 tonnes/an; des dizaines de millions de tonnes contenant approximativement 24 % d'Al_2O_3, 15 % d'alcalis. Davis Hill, Bancroft : des dizaines de millions de tonnes contenant environ 25 % d'Al_2O_3, 16 % d'alcalis. Gisement de Monteagle, Bancroft : 5 à 10 millions de tonnes contenant environ 29 % d'Al_2O_3, 9 % d'alcalis, plus 8 % de mica blanc, 2,5 % de corindon. Bigwood : exploration actuelle. Mine Princess Sodalite, Bancroft : faible production à partir de réserves non définies, contenant 1 à 2 % de sodalite.
(20.b) Mine Craigmont : 5 millions de tonnes contenant environ 7 % de corindon. De nombreux autres petits gisements dans la zone de Haliburton-Bancroft-Renfrew.
(20.c) Mine Mount Copeland : production antérieure – 154 000 tonnes contenant 0,75 % de Mo.

CADRE GÉOLOGIQUE

Zones gneissiques, contenant des proportions diverses de roches métavolcaniques et métasédimentaires, et fréquemment des quantités appréciables de marbre et de roches silicatées connexes renfermant Ca-Mg. On trouve de nombreux indices de phases multiples d'orogénèse, et d'intrusion de roches ignées diverses.

ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES

(20.a) Gneiss feldspathiques et riches en feldspathoïdes. Les précurseurs ont peut-être été des roches ignées, volcaniques ou métasédimentaires alcalines, y compris des marbres et des roches silicatées contenant Ca-Mg.
(20.b) Gneiss alcalins et zones associées métasomatisées et massives, syénitoïdes.
(20.c) Ségrégations et dykes aplitiques à pegmatitiques, à l'intérieur des gneiss alcalins ou à proximité de ceux-ci.

ROCHES ASSOCIÉES

Orthogneiss, paragneiss, amphibolites, marbres, roches silicatées contenant Ca-Mg; moins souvent, schistes et quartzites. En outre, migmatites et métasomatites dérivées de ces roches. Roches intrusives de caractère surtout felsique, mais parfois mafique et même ultramafique.

CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES

(20.a) Couches et lentilles concordantes. Relations stratigraphiques souvent conservées, malgré les phases de plissement antérieures et ultérieures à la minéralisation. Les assemblages minéraux peuvent grandement varier le long de la direction ou transversalement à celle-ci. Zones recristallisées pegmatitiques et localisées. La sodalite et la cancrinite forment des substitutions sporadiques.
(20.b) Le corindon est un constituant subordonné de certains gneiss alcalins. On rencontre des concentrations plus grandes dans des structures sporadiques en saillie, syénitoïdes, de granulométrie moyenne à pegmatitiques, à l'intérieur des gneiss riches en Al ou englobant ceux-ci.
(20.c) La molybdénite est un constituant subordonné de certains gneiss alcalins. On rencontre des concentrations plus élevées dans les ségrégations et dykes aplitiques à pegmatitiques, à l'intérieur des gneiss ou à proximité de ceux-ci.

MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*

(20.a) "Syénite néphélinique" : généralement, néphéline, plagioclase (albite à andésine), perthite à microcline, et quantités subordonnées de corindon, muscovite, scapolite, lazurite, sodalite, cancrinite.
– *Biotite, amphiboles, pyroxènes, magnétite, zéolites, calcite, grenat, titanite.*
(20.b) Corindon, gahnite.
– *Feldspaths alcalins, néphéline, scapolite, muscovite, biotite, zéolites, magnetite, sulfures.*
(20.c) Molybdénite.
– *Feldspaths alcalins, néphéline, pyroxène, biotite, zéolites, titanite.*

ÂGE, ROCHE FAVORABLES

La plupart des gisements font partie de successions précambriennes très déformées. On suppose que les successions de l'Ontario et du Québec sont d'âge Protérozoïque. Celle de Mount Copeland est peut-être d'âge Cambrien inférieur.

ÂGE, MINERAI

Difficile à établir; on peut dater les remaniements métamorphiques-métasomatiques les plus récents, par exemple en Ontario et au Québec, à environ 1 milliard d'années; à Mount Copeland, à 45 milliards d'années.

MODÈLE GÉNÉTIQUE

La plupart des gisements ont été formés et modifiés au cours de plusieurs événements tectoniques, intrusifs et métamorphiques. Il est possible que plusieurs des genèses proposées, et présentées ici, soient valides; elles n'ont en commun que les conditions favorables requises de métamorphisme :
A. Roches alcalines ignées dont les magmas ont été engendrés par (1) la fusion partielle des roches du manteau; (2) les produits de différenciation des chambres magmatiques crustales; (3) la désiliciation du magma granitique par

assimilation des calcaires; (4) les interactions palingénétiques-métasomatiques en profondeur, dans les ensembles supracrustaux contenant des membres calcaires; (5) la remobilisation des roches préexistantes de composition similaire.

B. Diverses sortes de roches préexistantes métasomatisées par des fluides alcalins et alumineux, résultant de (1) la différenciation du magma sous-jacent; (2) la palingenèse des roches sous-jacentes, supracrustales ou du socle; (3) la désiliciation des fluides juvéniles ou palingénétiques, lorsque ceux-ci traversent des roches appauvries en silice et réagissent avec elles; (4) les réactions entre les évaporites riches en carbonate de soude, et les roches sédimentaires associées.

C. Latérites alumineuses.

D. Sédiments riches en analcime.

ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION

(20.a) Zones plus ou moins continues de roches parallèles à la structure tectonique. Stratification originale de la succession supracrustale en fonction de la composition. Marbre et roches silicatées contenant Ca-Mg. Assemblages minéraux et textures indiquant au fort métamorphisme de contact et régional. Sodalite et cancrinite apparaissant sous forme de substitutions hydrothermales tardives généralement déterminées par des réseaux de fractures. Le lapis lazuli apparaît dans un marbre partiellement métasomatisé.

Guides de l'exploration : Le corindon émerge des surface altérées; les feldspaths sont aplanis et pâlis; la néphéline, la sodalite, la cancrinite et la scapolite forment des dépressions, et présentent une patine blanche à bleuâtre. Présence d'hydronéphéline blanche à rouge, de "gieséckite" verte. Latéritisation.

(20.b) Le corindon se concentre dans des zones syénitoïdes massives de réaction, à l'intérieur des gneiss alumineux et autour de ceux-ci, à proximité d'intrusions granitiques et de migmatites granitiques.

Guides de l'exploration : minéral sombre : (1) en présence d'amphibole ou de pyroxène, pas de corindon; (2) en présence de biotite, existence probable de corindon; (3) en présence de magnétite, corindon généralement présent. Corindon alluvial et éluvial.

(20.c) La molybdénite se concentre dans des ségrégations aplitiques à pegmatitiques à l'intérieur de gneiss alcalins et dans des dykes et filons-couches adjacents.

AUTEUR

L. Moyd, conservateur honoraire, Musée national des Sciences naturelles.

21. GISEMENTS D'URANIUM ASSOCIÉS À DES DISCORDANCES

PRODUITS	U (Ni, Co, As, Se, Ag, Au, Mo)
EXEMPLES : **Canadiens – *étrangers***	Key Lake, Rabbit Lake, et Cluff Lake – Corps minéralisé "D", Sask. – *Corps minéralisés 1 et 3 de Jabiluka I et II, Ranger I, Territoire du Nord, Australie*
IMPORTANCE	Canada : les quantités extraites représentent environ 35 % de la production actuelle d'uranium, et les gisements environ 50 % des réserves actuelles. Monde : ces gisements représentent environ 15 % des réserves actuelles.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Canada : les corps minéralisés individuels sont de dimensions variables, et peuvent être très réduits, ou atteindre 5 millions de tonnes de minerai (jusqu'à 45 000 tonnes de minerai d'uranium). Les teneurs typiques sont comprises entre 0,3 et 3 % d'U, mais dépassent parfois 5 %. Australie : les dimensions maximales indiquées pour les gisements sont de 200 000 tonnes de minerai d'uranium, mais la teneur du minerai est généralement plus basse que dans les gisements canadiens.
CADRE GÉOLOGIQUE	Bassins sédimentaires hélikiens relativement peu déformés, intracratoniques (contenant principalement des grès quartzeux évolués), reposant en discordance sur des roches primitives archéennes et aphébiennes intensément déformées. Les gisements sont associés à la discordance là où celle-ci est recoupée par des failles. Dans le nord de la Saskatchewan, on rencontre un paléorégolithe, au niveau de la discordance sous-jacente aux grès du groupe d'Athabasca.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	On rencontre le minerai dans les masses argileuses, sériciteuses et chloriteuses au niveau de la discordance, le long des failles la recoupant, et dans les roches primitives argilisées (gneiss quartzo-feldspathiques, quartzites feldspathiques et graphiteux), et dans les roches de couverture kaolinisées (argiles litées grises ou multicolores). La plupart des gîtes australiens se trouvent dans des roches primitives chloritisées.
ROCHES ASSOCIÉES	Socle : Schistes et gneiss graphiteux, roches granitoïdes à grain grossier, roches métasédimentaires calco-silicatées. Roches de couverture : grès et argiles litées.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Gisements en forme de cigare aplati, corps minéralisés de haute teneur, orientés et distribués le long de la discordance stratigraphique et des failles, localisés en particulier aux points d'intersection des failles et de la discordance. Les corps fortement minéralisés passent vers l'extérieur à des disséminations stratiformes et à des remplissages de fractures faiblement minéralisés, que l'on rencontre à la fois dans le socle et les roches de couverture, généralement à moins de 200 m de la discordance stratigraphique. Les gisements australiens se trouvent pour la plupart au-dessous de la discordance.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Pechblende, coffinite, quantités subordonnées d'oxydes d'uranium. *– Arséniures et sulfures de Ni et Co, sélénium natif et divers séléniures, or natif et tellurures d'or, galène, quantités subordonnées de molybdénite, de sulfures de Cu et Fe; minéraux argileux (principalement illite et kaolinite), chlorite, quartz, graphite, carbonates. On a aussi découvert des phyllosilicates radioactifs.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	La plupart des roches favorables du socle sont d'âge Aphébien et parfois Archéen. Roches de couverture hélikiennes.
ÂGE, MINERAI	Hélikien (1,281 ± 0,11 milliard d'années, pechblende "la plus ancienne" à Rabbit Lake); remobilisation ultérieure, probablement durant plusieurs périodes.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Les premiers modèles suggéraient la remontée de solutions hydrothermales causant la précipitation du minerai au niveau de la discordance stratigraphique. Les modèles ultérieurs proposent diverses combinaisons des mécanismes suivants : 1. la préconcentration possible de l'uranium durant le dépôt des roches sédimentaires aphébiennes (du socle) et durant leur anatexie; 2. la concentration plus poussée de l'uranium durant le développement (à l'Hélikien) du régolithe latéritique; 3. la mobilisation de l'uranium à partir des roches primitives, du régolithe latéritique, et des roches de couverture par des solutions chaudes oxydées (souterraines? diagénétiques?) et la précipitation d'uranium, là où celui-ci rencontre un environnement réducteur aux points d'intersection des failles et de la discordance; 4. des cycles additionnels d'oxydation et mobilisation, et de réduction et précipitation, favorisant la redistribution ou la concentration plus poussée de l'uranium, ou tous deux.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. La minéralisation a eu lieu au niveau ou à proximité de la discordance stratigraphique entre les grès hélikiens et les roches sous-jacentes aphébiennes, archéennes ou les deux, du socle. 2. L'intersection de la discordance et de failles du socle qui ont été réactivées aprés le dépôt des roches de couverture. 3. La minéralisation est associée aux roches graphiteuses du socle, et aux roches de couverture composées d'argiles litées et de grès gris-noir ou multicolores ou des deux couleurs. 4. La minéralisation est associée à une intense altération argileuse, chloriteuse et séricitcuse des roches du socle et des roches de couverture. 5. Les roches du socle ayant une teneur en uranium supérieure à la moyenne.
AUTEURS	L.P. Tremblay, V. Ruzicka

Figure 24. *22 Gisement d'argent et d'uranium, dans un filon arsénié. Mine Terra, Territoires du Nord-Ouest. Dendrites de nickeline-argent natif dans le minerai. L'échantillon a 11 cm de long. Échantillon : Ralph Thorpe (CGC 201788-J).*

22. GISEMENTS D'ARGENT ET D'URANIUM DANS DES FILONS ARSÉNIÉS

PRODUITS	Ag, U (As, Co, Ni, Cu, Bi)
EXEMPLES : **Canadiens – *étrangers***	District de Cobalt, Ontario; district du Grand lac de l'Ours, T.N.-O.
IMPORTANCE	Canada : historiquement, ce type de gisement a représenté une importante source d'argent (district de Cobalt, 19 millions de kilogrammes produits), en même temps qu'une source significative d'uranium et de radium (Grand lac de l'Ours, 5 200 tonnes d'U produites) et de cobalt (district de Cobalt, 20 000 tonnes produites). On s'intéresse de nouveau aux gîtes d'argent et de cobalt. Ces dernières années, ces gisements ont fourni environ 8 % de la production canadienne annuelle d'argent, et moins de 1 % de la production de cobalt.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Dans le district de Cobalt, certains filons de haute teneur contenaient en moyenne 14 000 à 34 000 g d'Ag/tonne ou davantage, mais la plupart des gîtes sont de plus basse teneur. Au Grand lac de l'Ours, jusqu'à la fin de 1978, dans les mines d'Echo Bay et de Terra, les tonnages exploités étaient respectivement de 393 000 tonnes contenant en moyenne 2100 g d'Ag/tonne et 343 000 tonnes contenant en moyenne 1100 g d'Ag/tonne.
CADRE GÉOLOGIQUE	Ce type de gisement peut être associé dans de nombreux cas à des failles d'extension et au magmatisme mafique. Dans le district de Cobalt, le socle de roches vertes archéennes est recouvert en discordance par des roches sédimentaires subhorizontales d'âge Aphébien inférieur; ces deux types de roches sont traversés par un grand filon-couche intrusif de diabase de Nipissing. Dans le district du Grand lac de l'Ours, des roches felsiques et volcanoclastiques intermédiaires d'âge Aphébien abritent le minerai. Ces roches volcaniques felsiques couvrent un vaste batholite parental qui a envahi son propre toit volcanique, et sont recoupées par des filons-couches et dykes de diabase.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Cobalt : Roches volcaniques mafiques archéennes, et minces unités sédimentaires intercalées contenant des lits sulfurés; microgrès et grauwackes aphébiens; diabase. Grand lac de l'Ours : roches sédimentaires volcanoclastiques déposées par l'eau, et roches pyroclastiques felsiques et subaériennes associées, parfois situées à l'intérieur ou à proximité d'unités sulfurées de ces successions.
ROCHES ASSOCIÉES	Cobalt : dykes de diabase de Matachewan. Grand lac de l'Ours : filon-couche de diabase (Echo Bay); roches tufacées rouges et vertes en alternance; grès et pélites rouges; intrusions syénitiques, granodioritiques; corps intrusifs contenant de la magnétite et de l'apatite.
CONFIGURATION DU GISEMENT DISTRIBUTIONS DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Filons de forte inclinaison, approximativement perpendiculaires aux discordances et filons-couches intrusifs de diabase associés. Cobalt : les filons minéralisés se situent environ à moins de 200 m à la verticale du filon-couche de diabase de Nipissing, et montrent une forte zonation suivant la composition; les arséniures vont de Ni à Co puis à Fe, les arséniures de Ni étant les plus raprochés du centre du filon-couche de diabase. Le minerai argentifère le plus riche est associé aux arséniures intermédiaires de Ni-Co et Co. Les filons sont successivement entourés vers l'extérieur par les assemblages d'altération albitechlorite, dolomite-calcite-(épidote), et séricite. Grand lac de l'Ours : à la mine Terra, les filons fortement inclinés traversent, presque à angle droit, une unité subverticale concordante riche en pyrite et chalcopyrite, et se prolongent dans la roche encaissante de part et d'autre. La microcline, l'hématite, les carbonates, et peut-être la chlorite et la séricite, sont les principaux minéraux d'altération. Autour des filons, des halos pâles indiquent peut-être la destruction des minéraux mafiques et leur carbonatisation.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables ***– Minéraux associés***	Argent natif, acanthite, sulfosels d'Ag, pechblende, arséniures de Co-Ni, chalcopyrite. *– Autres minéraux arséniés, bismuth natif, dolomite, calcite, chlorite, quartz, hématite, actinolite.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Archéen, Aphébien.
ÂGE, MINERAI	Probablement contemporain des intrusions mafiques proches : 2,1 à peut-être 2,3 milliards d'années à Cobalt; 1,39 ± 0,5 milliard d'année au Grand lac de l'Ours.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Les sources proposées de minéralisation métallique sont : 1) les unités sulfurées anciennes (Cobalt : roches sédimentaires archéennes intercalées entre les roches volcaniques, et roches sédimentaires aphébiennes basales; Grand lac de l'Ours : couches sulfurées concordantes dans une succession pyroclastiques de type felsique); 2) les roches pyroclastiques felsiques dans le cas des filons du Grand lac de l'Ours, et 3) les intrusions de diabase (gabbro). On considère généralement que les filons-couches de diabase ont donné naissance au réseau de fluides hydrothermaux et à la minéralisation qui en résulte. On a identifié une association empirique avec les discordances, mais on n'a pas encore réussi à établir l'importance génétique de cette association.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1) Discordances stratigraphiques entre les successions archéennes et aphébiennes, ou entre les successions aphébiennes et hélikiennes. 2) Proximité des filons-couches ou filons feuilletés de diabase. 3) Sulfures dont l'existence précède la phase de minéralisation dans des terrains proches (source possible de métaux).
AUTEUR	R.I. Thorpe

23. GISEMENTS FILONIENS D'URANIUM

PRODUITS	U (Ti, V, Se)
EXEMPLES : **Canadiens – *étrangers***	Mines Fay-Verna et Gunnar, région de Beaverlodge, Saskatchewan; mine Rayrock, T.N.-O.
IMPORTANCE	Canada : production significative par le passé (1952-1982). Monde : Ces gisements représentent environ 6 % des réserves actuelles mesurées et estimées.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	A Beaverlodge, jusqu'à 13 millions de tonnes de minerai (22 000 tonnes d'uranium) dans de nombreux filons obliques minéralisés, contenant en moyenne 0,08 à 0,5 % d'U.
CADRE GÉOLOGIQUE	Dans des successions métasédimentaires et métavolcaniques (?) uranifères, fortement granitisées, et altérées à grande échelle (hématite, chlorite, carbonates), et fortement fracturées. À Beaverlodge, à proximité de grandes failles dans des roches mylonitisées et intensément fracturées; à Rayrock, gisements associés à un stockwerk quartzeux.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	À Beaverlodge, quartzites feldspathiques, mylonitisés, gneiss granitiques bréchiformes et mylonitisés, argilites altérées et roches feldspathiques et carbonatées bréchiformes. À Rayrock, filons quartzeux fracturés dans des roches granitisées et des roches métasédimentaires.
ROCHES ASSOCIÉES	À Beaverlodge, tufs basaltiques, argilites et gneiss granitiques (quartzites feldspathiques). À Rayrock, roches métasédimentaires et granites.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	À Beaverlodge, filons et coprs tabulaires concentrés à l'intérieur d'un intervalle stratigraphique spécifique, et allongés parallèlement au plongement de l'axe des plis. Les minéraux exploitables sont distribués sous forme de remplissages de fractures, et de disséminations adjacentes. À Rayrock, sous forme de filons quartzeux tardifs contenants de l'uranium.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables ***– Minéraux associés***	Pechblende; en outre, brannérite à Beaverlodge. *– Hématite, chlorite, carbonates (principalement calcite), quartz.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Archéen (Rayrock); Protérozoïque (Beaverlodge).
ÂGE, MINERAI	Epigénétique; à Beaverlodge, Hudsonien (1,78 ± 0,02 milliard d'années), avec importante remobilisation au Grenvillien (1,14 ± 0,05 milliard d'années) et par la suite. À Rayrock, remobilisation (?) il y a environ 500 millions d'années; l'âge de la minéralisation primaire est inconnu.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	L'uranium, peut-être extrait des quartzites et argilites du complexe métasédimentaire-métavolcanique de Fay à Beaverlodge et des métasédiments granitisés à Rayrock, s'est éventuellement concentré plusieurs fois dans des environnements différents; a été transporté par des solutions hydrothermales; et s'est déposé dans dans des fractures à l'intérieur des zones mylonitisées des roches métasédimentaires, des gneiss granitiques et des filons quartzeux, en même temps que survenait l'altération produisant de l'hématite et des carbonates. On considère que ce processus fait partie intégrante des dernières étapes du métamorphisme, et qu'il est associé à des effets rétrométamorphiques.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Grandes failles (représentées par de vastes zones mylonitiques à Beaverlodge). 2. Fracturation tardive. 3. Succession métasédimentaire-métavolcanique caractérisée par une teneur en uranium plus élevée que la moyenne, granites et roches granitisées uranifères. 4. Zones fortement altérées en un assemblage à hématite-chlorite-carbonates, qui donne à la roche une teinte rouge généralisée. 5. Terrains fortement déformés, métamorphisés, granitisés.
AUTEURS	L.P. Tremblay, V. Ruzicka

(voyez planche 14, page 12)

24. GISEMENTS FILONIENS DE CUIVRE

PRODUITS	Cu (Au, Ag)
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Districts d'Opémiska et de Chibougamau et région d'Icon, Québec; région des mines Bruce, Ontario; région de Churchill, C.B. – *Magma, Arizona; Morococha, Pérou.*
IMPORTANCE	Canada : Les filons et les gisements de substitution étroitement associés ont fourni environ 3 % de la production du cuivre du Canada, et représentent moins de 2 % des réserves de ce pays. Monde : historiquement, les filons ont été importants dans certaines parties du monde, mais actuellement, leur importance relative est nettement moindre.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Très variables. 1 à 10 % de Cu, 0 à 3 grammes d'Au/tonne, 0 à 300 grammes d'Ag/tonne, 50 000 à 5 millions de tonnes de minerai; on connaît quelques vastes gisements.
CADRE GÉOLOGIQUE	Divers environnements tectoniques : – Certains gîtes filoniens de cuivre sont caractéristiques des districts hydrothermaux des régions d'arcs continentaux et insulaires (dans certaines régions, les filons cuprifères sont apparentés à des gîtes porphyriques, par exemple ceux de Magma en Arizona. – Les gisements des districts d'Opémiska et de Chibougamau se trouvent dans la zone de roches vertes archéennes de l'Abitibi, surtout à l'intérieur d'intrusions mafiques différenciées. Les filons sont probablement apparentés génétiquement aux gîtes porphyriques et aux intrusions felsiques. – On rencontre des filons cuprifères inhabituellement persistants et des corps de diabase associés dans des zones de fractures d'extension, à l'intérieur de bassins sédimentaires protérozoïques (par exemple, dans la région de Churchill en Colombie-Britannique, et de Bruce Mines en Ontario). Ce type de filon cuprifère est très répandu au Canada, mais jusqu'à présent d'importance économique faible.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	De nature diverse; de nombreux types différents, suivant le cadre géologique particulier des filons (par exemple, intrusions mafiques stratifiées à Opémiska et Chibougamau au Québec; roches sédimentaires clastiques et diabases à Churchill en Colombie-Britannique, et à Bruce Mines en Ontario; schistes précambriens et paléozoïques, diabases, quartzites, argiles litées et calcaires à Magma en Arizona).
ROCHES ASSOCIÉES	Diverses. Dans certaines localités, à l'intérieur ou à proximité de roches intrusives mafiques, intermédiaires ou felsiques. L'altération hydrothermale (par exemple présence de quartz, feldspath, biotite, séricite, kaolin, chlorite, épidote, calcite, pyrite) de la roche encaissante est caractéristique.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Filons simples, anastomosés et réticulés; réseaux de filons; brèches filoniennes; stockwerks locaux et structures en queue de cheval. À l'intérieur des filons, colonnes minéralisées obliques, déterminées par les éléments structuraux, en particulier lorsque change la disposition des filons. Sulfures sporadiques, irréguliers, massifs à disséminés, dans les filons ou à proximité de ceux-ci. Dans certaines régions, des zones étendues d'écrasement à nombreux filonnets minéralisés, avec ou sans sulfures et minéraux de gangue fortement zonés, sont fréquentes.
MINÉRAUX : principaux minéraux exploitables - *Minéraux associés*	Chalcopyrite, bornite, chalcocite, tétrahédrite, or natif. – *Pyrite, pyrrhotine, autres sulfures et sulfosels, hématite, magnétite, quartz, calcite, dolomite, ankérite, sidérite, chlorite, séricite*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Archéen à Tertiaire.
ÂGE, MINERAI	Archéen à Tertiaire. Les minerais sont épigénétiques, et peuvent être beaucoup plus récents que la roche favorable.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Dépôt hydrothermal de minerai le long des fissures et failles. Dans certaines localités, probablement lié à la mise en place d'intrusions mafiques, intermédiaires ou felsiques.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Les successions sédimentaires protérozoïques dans des fossés tectoniques peuvent contenir des filons cuprifères de dimensions notables. 2. Les sulfures peuvent se situer dans les portions des filons recoupant des carbonates ou d'autres roches encaissantes favorables. 3. Le changement de disposition d'un filon peut aider à repérer des colonnes minéralisées de haute teneur.
AUTEUR	R.V. Kirkham

25. GISEMENTS FILONIENS D'ARGENT-PLOMB-ZINC ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS FELSIQUES

PRODUITS	Ag, Pb, Zn (Cd, Au, Cu)
EXEMPLES : **Canadiens – *étrangers***	Canada : des nombreux filons d'Ag-Pb-Zn connus au Canada, les plus importants se trouvent dans le district de Slocan-New Denver-Ainsworth, dans le sud-est de la C.-B. (par exemple à Highland Bell, Lucky Jim) et dans le district de Keno Hill-Galena Hill au Yukon (par exemple Hector-Calumet, Elsa).
IMPORTANCE	Canada : historiquement, importante source d'Ag, de Pb, et dans une certaine mesure, de Zn; actuellement d'importance mineure et en recul.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	Les gisements canadiens sont constitués de filons ou réseaux de filons individuels, allant de 10 tonnes à deux millions de tonnes, et de dimensions modales correspondant à environ 100 000 tonnes. Les teneurs en métaux couvrent une vaste gamme, qui dépend dans une certaine mesure du degré d'exploitation sélective ou de triage, ou des deux, dans les gisements exploités de longue date. En excluant les gîtes dans lesquels le minerai a visiblement été trié manuellement, la teneur des gisements canadiens de ce type se situe dans les intervalles suivants : 5 à 1 500 grammes d'Ag par tonne, 0,5 à 20 % de Pb, 0,5 à 8 % de Zn. Les teneurs typiques sont : 300 à 900 grammes d'Ag/tonne, 4 à 8 % de Pb, 2 à 4 % de Zn.
CADRE GÉOLOGIQUE	Largement dans d'épaisses successions de roches sédimentaires clastiques (argiles litées, microgrès, quartzites); intrusions ignées proches, habituellement de composition felsique.
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Quartzites, microgrès, argiles litées, carbonates, intrusions ignées.
ROCHES ASSOCIÉES	Stocks felsiques ou plutons; moins souvent, gabbros ou diabases.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Le plus souvent, zones discordantes, étroites, allongées, de fort pendage. Certaines apophyses de roche encaissante sont habituellement apparentes, de sorte que l'on décrit au mieux les zones comme des failles accompagnées de filons. Les groupes de filons parallèles et failles accompagnées de filons sont désignés par le terme de systèmes filoniens. Dans un district donné, un axe structural particulier contient habituellement la minéralisation, mais dans le même district, d'autres axes ne sont accompagnés d'aucune minéralisation. Les minéraux métalliques sont largement confinés à un filon ou à une faille accompagnée de filons; on rencontre aussi des substitutions de la roche encaissante et des disséminations, mais celles-ci ne sont pas courantes. Les minéraux filoniens peuvent être du minerai en cocarde, des fragments anguleux qui cimentent la roche encaissante, ou peuvent se présenter sous forme de masses à grain grossier.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables **– *Minéraux associés***	Galène, sphalérite; l'argent est contenu dans la galène, sous forme de minéraux distincts tels que l'argent natif, l'argentite, la freibergite, et divers sulfosels, le plus souvent de la tétrahédrite. – *Pyrite, chalcopyrite, arsénopyrite; quartz, carbonates (sidérite, ankérite, calcite), barytine, fluorine.*
ÂGE, ROCHES FAVORABLES	Hélikien à Crétacé (?) au Canada. Les roches d'âge Mésozoïque sont probablement les roches favorables les plus communes au Canada.
ÂGE, MINERAI	Inconnu; visiblement plus récent que celui de la roche favorable; dans le plupart des cas, on a prouvé que le minerai était plus récent que les intrusions felsiques proches. Il est difficile de déterminer l'âge de la minéralisation, les gisements ne contenant généralement pas de minéraux se prêtant à une datation par les méthodes radiométriques.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Remplissage hydrothermal de fractures avec substitutions mineures le long de fractures ou de zones de dilatation. Ces zones de fractures peuvent être génétiquement apparentées à des intrusions proches. Toutefois, ce type de gisement a fait l'objet de peu de recherche, et aucun modèle génétique généralement accepté n'a été mis au point.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	Fractures et failles dans d'épaisses successions sédimentaires clastiques envahies par des intrusions felsiques.
AUTEUR	D.F. Sangster

26. GISEMENTS D'AMIANTE DANS DES ROCHES ULTRAMAFIQUES

PRODUITS	Chrysotile
EXEMPLES : Canadiens – *étrangers*	Jeffrey Mine, Asbestos, Québec; mines Bell-King-Beaver, Thetford Mines, Québec; mine British Canadian, Black Lake, Québec; Asbestos Hill, Ungava, Québec; mine Advocate, Baie Verte, Terre-Neuve; mine Cassiar, Colombie-Britannique; mine Munro Matheson, Ontario; Clinton Creek, Yukon – *Bazhenov, U.R.S.S.; mine Msauli, Afrique du Sud, mine Havelock, Swaziland; mine King, Mashaba, Zimbabwe.*
IMPORTANCE	La production de chrysotile représente presque 5 % de la valeur totale de la production minérale canadienne (en excluant le pétrole et le gaz naturel). Le Canada fournit environ 30 % de la production mondiale d'amiante, et occupe ainsi le deuxième rang après l'U.R.S.S.
TENEUR ET TONNAGE TYPIQUES	De l'ordre de 10 à 100 millions de tonnes contenant 2 à 10 % de fibres récupérables. Exemples (production passée plus réserves) : mines Jeffrey, Bell-King-Beaver et British Canadian, qui ont respectivement produit environ 800 millions, 250 millions et 150 millions de tonnes contenant environ 6 % de fibres; mine Advocate, qui a fourni environ 60 millions de tonnes contenant en moyenne 3 % de fibres récupérables; et mine Cassiar, qui a produit environ 23 millions de tonnes contenant 7 à 10 % de fibres récupérables.
CADRE GÉOLOGIQUE	(1) Les gisements les plus importants se situent dans des corps allochtones de roches ultramafiques serpentinisées, de type ophiolitique ou alpin, dans des zones orogéniques d'âge Phanérozoïque (par exemple, les gisements des Appalaches, de la Cordillère, et des monts Oural). (2) Des gisements d'importance moindre se trouvent dans les zones ultramafiques des intrusions synvolcaniques, dans la zone de roches vertes précambriennes (par exemple les gisements du nord-est de l'Ontario, de l'Ungava, du Québec et de l'Afrique du Sud).
ROCHES FAVORABLES OU MINÉRALISÉES	Roches ultramafiques serpentinisées, riches en olivine, le plus souvent composées, de harzburgite, mais aussi de dunite, de wehrlite et d'orthopyroxénite.
ROCHES ASSOCIÉES	Péridotites serpentinisées, pyroxénites, stéatite (roche composée de talc et de magnésite), gabbros, basaltes, rodingite. Des corps granitiques et d'autres corps felsiques sont associés aux gisements du sud du Québec.
CONFIGURATION DU GISEMENT, DISTRIBUTION DES MINÉRAUX EXPLOITABLES	Les corps minéralisés sont des zones équidimensionnelles à légèrement ellipsoïdes, de l'ordre de 100 à 1 000 mètres de côté, à l'intérieur de masses de roche ultramafique serpentinisée. Le minerai comprend généralement un stockwerk composé de filons de chrysotile. Les filons individuels ont pour la plupart moins de 1 cm d'épaisseur, mais peuvent atteindre 10 cm d'épaisseur et plusieurs mètres de long. Les filons à fibres transversales, dans lesquels les fibres de chrysotile font un angle de plus de 45° par rapport aux parois du filon, sont plus abondants que les filons à fibres allongées suivant les surfaces de glissement, dans lesquels les fibres sont orientées parallèlement à la longueur du filon.
MINÉRAUX : Principaux minéraux exploitables – *Minéraux associés*	Chrysotile. *– Magnétite, brucite, antigorite, lizardite, talc, carbonate, chromite; le jade de la variété néphrite est un sous-produit accessoire de la production d'amiante à Cassiar.*
ÂGE ROCHES FAVORABLES	Archéen (région de l'Abitibi, de l'Ontario et du Québec; Afrique du Sud), Aphébien (région de l'Ungava au Québec), Paléozoïque inférieur (sud du Québec; Terre-Neuve), Paléozoïque supérieur (Cassiar, Colombie-Britannique).
ÂGE, MINERAI	Correspond à l'âge de déformation et de métamorphisme des roches favorables.
MODÈLE GÉNÉTIQUE	Le chrysotile se dépose dans les fractures durant la déformation de la roche ultramafique, dans des conditions de métamorphisme relativement faible (faciès des schistes verts ou sous-faciès des schistes verts). La prédominance des filons à fibres transversales indique une fracturation en présence d'efforts d'extension ou de dilatation des fractures préexistantes. Les produits de remplissage des veines (principalement du chrysotile, de la brucite et de la magnétite) se forment à partir de constituants d'origine locale, peut-être même par sécrétion latérale.
ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS DE LA MINÉRALISATION, GUIDES DE L'EXPLORATION	1. Présence de roches ultramafiques serpentinisées, de préférence de la harzburgite ou de la dunite. 2. Indices d'une déformation fragile et non ductile; failles, fractures et fissures d'extension abondantes.
AUTEUR	J.M. Duke

(voyez planche 15, page 12)

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIONNÉE

1 ÉVAPORITES ET SAUMURES

Davis, J.R. and Vine, J.D.
1979: Stratigraphic and tectonic setting of the lithium brine field, Clayton Valley, Nevada; Rocky Mountain Association of Geologists – Utah Geological Association 1979 Basin and Range Symposium, ed., G.W Newman and H.D. Good, p. 421-430.

Gwynn, J.W., editor
1980: Great Salt Lake – a scientific, historical and economic overview; Utah Department of Natural Resources, Bulletin 116, 400 p.

Johnson, K.S. and Gonzales, S.
1978: Salt deposits in the United States and regional geologic characteristics important for storage of radioactive waste; prepared for The Office of Waste Isolation, Union Carbide Corporation, Nuclear Division, United States Department of Energy; published by Earth Resource Associates, Inc., Athens, Georgia, 188 p.

Kendall, A.C.
1978: Facies Models-12. Subaqueous evaporites; Geoscience Canada, v. 5, no. 3, p. 124-129.

Lefond, S.J., editor
1975: Industrial minerals and rocks (fourth edition); American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, 1360 p.

Mann, A.W. and Deutscher, R.L.
1978: Genesis principles for the precipitation of carnotite in calcrete drainages in Western Australia; Economic Geology, v. 73, p. 1724-1737.

Nissenbaum, A., editor
1980: Hypersaline brines and evaporitic environments: Developments in Sedimentology: 28; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 270 p.

Skinner, B.J., editor
1979: An issue devoted to phosphate, potash and sulfur; Economic Geology, v. 74, 304 p.

Smith, G.I., Jones, C.L., Culbertson, W.C., Ericksen, G.E. and Dyni, J.R.
1973: Evaporites and brines; *in* United States Mineral Resources, ed., D.A. Brobst and W.P. Pratt; United States Geological Survey, Professional Paper 820, p. 197-216.

2 STRATES SÉDIMENTAIRES FERRIFÈRES

2.1 Quartzites rubanés ferrifères

Gross, G.A.
1970: Nature and occurrence of iron ore deposits; *in* Survey of World Iron Ore Resources; United Nations Publications, p. 13-31.

1970: Iron ore deposits of Canada and the West Indies; *in* Survey of World Iron Ore Resources; United Nations Publication, p. 237-269.

Hayes, A.O.
1915: Wabana Iron Ore of Newfoundland; Geological Survey of Canada, Memoir 78, 163 p.

Mellon, G.B.
1962: Petrology of Upper Cretaceous oolitic iron-rich rocks from northern Alberta; Economic Geology, v. 57, p. 921-940.

2.2 Formations ferrifères (type du lac Supérieur)

Gross, G.A.
1965: Geology of Iron Deposits in Canada. Volume I. General Geology and Evaluation of Iron Deposits; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 181 p.

1968: Geology of Iron Deposits in Canada. Volume III. Iron Ranges of the Labrador Geosyncline; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 179 p.

1970: Nature and occurrence of iron ore deposits: Iron ore deposits of Canada and the West Indies; *in* Survey of World Iron Ore Resources; United Nations Publication, p. 13-31, 237-269.

James, H.L. and Sims, P.K., co-editors
1973: Precambrian Iron-Formations of the World: Economic Geology, v. 68, no. 7, p. 913-1179.

Klemic, H.
1970: Iron ore deposits of the United States of America, Puerto Rico, Mexico and Central America; *in* Survey of World Iron Ore Resources; United Nations Publication, p. 411-477.

Zajac, I.S.
1974: The Stratigraphy and Mineralogy of the Sokoman Formation in the Knob Lake Area, Quebec and Newfoundland; Geological Survey of Canada, Bulletin 220, 159 p.

2.3 Formations ferrifères (type d'Algoma)

Gross, G.A.
1965: Geology of iron deposits in Canada. Volume I. General geology and evaluation of iron deposits; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 181 p.

1973: The depositional environment of principal types of Precambrian iron-formation; *in* Genesis of Precambrian Iron and Manganese Deposits; Proceedings Kiev Symposium, UNESCO Earth Sciences 9, p. 15-21.

1980: A classification of iron-formations based on depositional environments; Canadian Mineralogist, v. 18, p. 215-222.

3 FORMATIONS FERRIFÈRES ENRICHIES

Ayers, D.E.
1971: The hematite ores of Mount Tom Price and Mount Whaleback Hamersley iron province; Proceedings Australasian Institute of Mining and Metallurgy, no. 238, p. 47-58.

Belevtsev, Y.N.
1973: Genesis of high-grade iron ores of Krivoyrog Type; *in* Genesis of Precambrian Iron and Manganese Deposits; Proceedings of the Kiev Symposium, UNESCO Earth Sciences 9, p. 167-180.

Gross, G.A.
1965: Geology of Iron Deposits in Canada. Volume I. General geology and evaluation of iron deposits; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 181 p.

1968: Geology of Iron Deposits in Canada. Volume III. Iron ranges of the Labrador Geosyncline; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 179 p.

Joliffe, A.W.
1966: Stratigraphy of the Steeprock Group, Steep Rock Lake, Ontario; *in* Precambrian Symposium; Geological Association of Canada, Special Paper 3, p. 75-98.

Stubbins, J.B., Blais, R.A. and Zajac, S.I.
1961: Origin of the soft iron ores of the Knob Lake Range; Transactions Canadian Institute of Mining and Metallurgy, v. 64, p. 37-52.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs
1970: Survey of World Iron Ore Resources, United Nations Publication, 479 p.

4 GISEMENTS STRATIFORMES DE PHOSPHATES (PHOSPHORITES)

Bentor, Y.K.
1980: Phosphorites – the unsolved problems; *in* Marine Phosphorites – Geochemistry, Occurrence, Genesis, ed. Y.K. Bentor; Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, no. 29, p. 3-18.

British Sulphur Corporation
1980: World Survey of Phosphate Deposits, 4th edition; British Sulphur Corporation Limited, London, 238 p.

Cathcart, J.B.
1980: World phosphate reserves and resources; *in* The Role of Phosphorus in Agriculture, ed. F.E. Khasawnch et al.; American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., p. 1-18.

Christie, R.L.
1978: Sedimentary phosphate deposits – an interim review; Geological Survey of Canada, Paper 78-20, 9 p.

Cook, P.J.
1976: Sedimentary phosphate deposits; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Volume 7, ed. K.H. Wolf, Elsevier, Amsterdam, p. 505-535.

Notholt, A.J.G.
1980: Economic phosphatic sediments: mode of occurrence and stratigraphical distribution; Journal of the Geological Society of London, v. 137, no. 6, p. 793-805.

Notholt, A.J.G., Highley, D.E., and Slansky, M.
1979: Dossier on phosphate; Dossier IV *of* Raw Materials Research and Development; Commission of the European Communities, DG XIII – Research, Science, Education.

Sheldon, R.P.
1981: Ancient marine phosphorites; Annual Review of Earth and Planetary Sciences, v. 9, p. 251-284.

Slansky, M.
1980: Géologie des phosphates sédimentaires; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, France, Mémoire no. 114, 92 p.

5 PLACERS URANIFÈRES, AURIFÈRES

5.1 Placers pyriteux aurifères et uranifères anciens

Armstrong, F.C., ed.
1981: Genesis of uranium- and gold-bearing Precambrian quartz-pebble conglomerates; United States Geological Survey, Professional Paper 1161A-BB.

Pretorius, D.A.
1981: Gold and uranium in quartz-pebble conglomerates; University of the Witwatersrand, Economic Geology Research Unit, Information Circular No. 151.

Roscoe, S.M.
1969: Huronian rocks and uraniferous conglomerates in the Canadian Shield; Geological Survey of Canada, paper 68-40, 205 p.

5.2 Placers aurifères

Boyle, R.W.
1979: The geochemistry of gold and its deposits; Geological Survey of Canada, Bulletin 280, 584 p.

Lay, D.
1941: Fraser River Tertiary drainage-history in relation to placer-gold deposits (Part II); British Columbia Department of Mines, Bulletin 11, 75 p.

McConnell, R.E.
1905: Report on the Klondike gold fields; Geological Survey of Canada Annual Report for 1901 (New Series), Volume XIV, p. 5B-71B. Reprinted in Geological Survey of Canada Memoir 284, p. 64-113.

6 GISEMENTS SÉDIMENTAIRES STRATOÏDES DE PLOMB, ZINC, CUIVRE ET URANIUM

6.1 Gisements de plomb et de zinc du type de la vallée du Mississipi

Beales, F.W. and Jackson, S.A.
1966: Precipitation of lead-zinc ores in carbonate reservoirs as illustrated by Pine Point ore field, Canada; Transactions, Institute of Mining and Metallurgy (London), Section B, v. 75, p. B278-285.

Economic Geology
1971: A paleoacquifer and its relation to economic mineral deposits: The Lower Ordovician Kingsport Formation and Mascot Dolomite: A symposium; Economic Geology, v. 66, no. 5, p. 695-810.

Hagni, R.D.
1976: Tri-State ore deposits: The character of their host rocks and their genesis; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits Volume 6, ed. K. Wolf; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 457-494.

Heyl, A.V.
1968: The Upper Mississippi Valley base-metal district; *in* Ore Deposits of the United States, Volume 1, ed, J.R. Ridge; American Institute of mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, p. 431-459.

Hoagland, A.D.
1976: Appalachian zinc-lead deposits; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits Volume 6, ed.K. Wolf; Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, p. 494-534.

Kyle, J.R.
1977: Development of sulfide-hosting structures and mineralization, Pine Point, Northwest Territories; unpublished Ph.D. thesis, University of Western Ontario, London, 226 p.

Ohle, E.L.
1980: Some considerations in determining the origin of ore deposits of the Mississippi Valley type-Part II; Economic Geology, v. 75, p. 161-172.

Skall, H.
1975: The paleoenvironment of the Pine Point lead-zinc district; Economic Geology, v. 70, p. 22-45.

Vineyard, J.D., ed.
1977: An issue devoted to the Viburnum Trend, southeast Missouri; Economic Geology, v. 72, no. 3, p. 337-486.

6.2 Gisements de plomb dans des grès

Bjørlykke, A. and Sangster, D.F.
1981: An overview of sandstone-lead deposits and their relation to red-bed copper and carbonate-hosted lead-zinc deposits; *in* Economic Geology 75th Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 179-213.

Fogliérini, F., Samama, J.C., and Rey, M.
1980: Le gisement stratiforme de Largentière (ardèche); Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Mémoire 112-E4, 54 p.

Rickard, D.T., Willdén, M.Y., Marinder, N.E., and Donnelly, T.H.
1979: Studies on genesis of the Laisvall sandstone lead-zinc deposit, Sweden; Economic Geology, v. 74, p. 1255-1285.

Samama, J.C.
1976: Comparative review of the genesis of the copper-lead sandstone-type deposits; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Volume 6, ed. K. Wolf; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 1-20.

6.3 Gisements sédimentaires de cuivre

Annels, A.E.
1979: The genetic relevance of recent studies at Mufulira Mine, Zambia; Annales de la Société Géologique de Belgique, v. 102, p. 431-449.

Renfro, A.R.
1974: Genesis of evaporite-associated stratiform metalliferous deposits – a sabkha process; Economic Geology, v. 69, p. 33-45.

Rentzsch, J.
1974: The Kupferschiefer in comparison with the deposits of the Zambian Copperbelt; *in* Gisements Stratiformes et Provinces Cuprifères, ed. P. Bartholomé; Centenaire de la Société Géologique de Belgique, Liège, p. 395-418.

Rose, A.W.
1976: The effect of cuprous chloride complexes in the origin of red bed copper and related deposits; Economic Geology, v. 71, p. 1036-1048.

Smith, G.E.
1976: Sabkha and tidal-flat facies control of stratiform copper deposits in north Texas; *in* Stratiform Copper Deposits of the Midcontinent Region, a Symposium, ed. K.S. Johnson and R.L. Croy; Oklahoma Geological Survey, Circular 77, p. 25-39.

Strakhov, N.M.
1962: Principles of lithogenesis; translated by J.P. Fitzsimmons, 1970; ed. S.I. Tomkeieff and J.E. Hemingway, Plenum Publishing Corporation, New York and Oliver & Boyd, Edinburgh, v. 3, 577 p.

6.4 Gisements d'uranium dans des grès

Danchev, V.I. and Lapinskaya, T.A.
1965: Deposits of Radioactive Raw Material; Nedra Press, Moscow (in Russian).

Finch, W.I.
1967: Geology of Epigenetic Uranium Deposits in sandstones in the United States; United States Geological Survey Professional Paper 538, 121 p.

Gabelman, J.W.
1971: Migration of uranium and thorium – exploration significance; American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, no. 3, 168 p.

International Atomic Energy Agency, Vienna
1974: Formation of Uranium Ore Deposits; Proceedings of a Symposium on the formation of Uranium ore deposits, Athens, Greece, 1974, 748 p.

Langford, F.F.
1977: Surficial origin of North American pitchblende and related uranium deposits; American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, v. 61, p. 28-42.

7 GISEMENTS D'OR D'ORIGINE CHIMIQUE, DANS DES ROCHES SÉDIMENTAIRES

Barnett, E.S., Hutchinson, R.W., Adamcik, A., and Barnett, R.
1982: Geology of the Agnico-Eagle gold deposit, Quebec; *in* Precambrian Sulphide Deposits, H.S. Robinson Memorial Volume, ed. R.W. Hutchinson, C.D. Spence and J.M. Franklin; Geological Association of Canada, Special Paper 25, p. 403-426.

Fleischer, R. and Routhier, P.
1973: The "consanguineous" origin of a tourmaline-bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil); Economic Geology, v. 68, p. 11-22.

Gibbins, W.
Gold and Precambrian iron formation in the Northwest Territories; Department of Indian Affairs and Northern Development, Yellowknife, N.W.T. (in press)

McConnell, G.W.
1964: Notes on similarities between some Canadian gold deposits and the Homestake deposits of South Dakota; Economic Geology, v. 59, p. 719-720.

Moreschi, J.B.
1977: A mina du ouro do Faria, Minas Gerais – um deposito estratiforme associado a um complexo vulcano-sedimentar; Universidade de Sao Paulo, Instituto de Geosciências, Boletim, v. 8, p. 119-138.

Sawkins, F.J. and Rye, D.M.
1974: Relationship of Homestake type gold deposits to iron-rich Precambrian sedimentary rocks; Transactions Institute of Mining and Metallurgy, Section B (Applied Earth Science), v. 83, no. 2, p. 56-59.

8 GISEMENTS D'OR DANS DES ROCHES SÉDIMENTAIRES CLASTIQUES

8.1 Gisements d'or dans des argiles litées carbonées et dans des carbonates (type de Carlin)

Dickson, F.W., Rye, R.O. and Radtke, A.S.
1979: The Carlin gold deposit as a product of rock-water interactions; *in* Papers on Mineral Deposits of Western North America, ed. J.D. Ridge; Nevada Bureau of Mines and Geology, Report 33, p. 101-108.

Joralemon, P.
1978: A major gold belt takes shape in Nevada; Mining Engineering, July 1978, p. 750-762.

Radtke, A.S., Rye, R.O. and Dickson, F.W.
1980: Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada; Economic Geology, v. 75, p. 641-672.

Silberman, M.L., Berger, R.B. and Koski, R.A.
1974: K-Ar relations of granodiorite emplacement and tungsten and gold mineralization near the Getchell Mine, Humboldt County, Nevada; Economic Geology, v. 69, p. 646-656.

Wells, J.D., Stoiser, L.R. and Elliott, J.E.
1969: Geology and geochemistry of the Cortez gold deposit, Nevada; Economic Geology, v. 64, p. 526-537.

8.2 Gisements d'or dans des filons et zones de cisaillement à l'intérieur de turbidites

Chace, F.M.
1949: Origin of the Bendigo saddle reefs and formation of ribbon quartz; Economic Geology, v. 44, p. 561-597.

Graves, M.C.
1976: The formation of gold-bearing quartz veins in Nova Scotia: Hydraulic fracturing under conditions of greenschist regional metamorphism during early stages of deformation; M.Sc. thesis, Dalhousie University, Halifax, 158 p.

Malcolm, W.
1976: Gold Fields of Nova Scotia; Geological Survey of Canada, Memoir 385 (Reprinting of Memoir 156 published in 1929), 253 p.

9 GISEMENTS STRATIFORMES DE SULFURES ET BARYTINE

9.1 Gisements de sulfures massifs associés à des roches volcaniques

Constantinou, G.
1980: Metallogenesis associated with the Troodos Ophiolite; *in* Ophiolites: International Ophiolite Symposium, Cyprus, 1979, Proceedings; Cyprus Ministry of Agriculture and Natural Resources, Geological Survey Department, p. 663-674.

Franklin, J.M., Lydon, J.W. and Sangster, D.F.
1981: Volcanic-associated massive sulfide deposits; *in* Economic Geology 75th Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 485-627.

Klau, W. and Large, D.E.
1980: Submarine exhalative Cu-Pb-Zn deposits – A discussion of their classification and metallogeneis; Geologisches Jahrbuch, series D, no. 40, p. 13-58.

Lambert, I.B. and Sato, T.
1974: The Kuroko and associated ore deposits of Japan: A review of their features and metallogenesis; Economic Geology, v. 69, p. 1215-1236.

Sangster, D.F.
1976: Precambrian volcanogenic massive sulphide deposits in Canada: A review; Geological Survey of Canada, Paper 72-22, 44 p.

Sangster, D.F. and Scott, S.D.
1976: Precambrian, strata-bound, massive Cu-Zn-Pb sulfide ores of North America; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Volume 6, ed. K.H. Wolf; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 129-222.

Solomon, M.
1976: "Volcanic" massive sulphide deposits and their host rocks – a review and an explanation; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Volume 6, ed. K.A. Wolf; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 21-50.

Swanson, E.A., Strong, D.F. and Thurlow, J.G., ed.
1981: The Buchans Ore Bodies: Fifty Years of Geology and Mining; Geological Association of Canada, Special Paper 22, 350 p.

9.2 Gisements de sulfures dans des roches sédimentaires

Gustafson, L.B., and Williams, N.
1981: Sediment-hosted stratiform deposits of copper, lead, and zinc; *in* Economic Geology Seventy-fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 139-178.

Hamilton, J.M., Bishop, D.T., Morris, H.C., and Owens, O.E.
1982: Geology of the Sullivan orebody, Kimberly, B.C., Canada; *in* Precambrian Sulphide Deposits, H.S. Robinson Memorial Volume, ed. R.W. Hutchinson, C.D. Spence, and J.M. Franklin; Geological Association of Canada, Special Paper 25, p. 597-665.

Hannak, W.W.
1981: Geology of the Rammelsberg ore deposit near Goslar/Upper Harz, Federal Republic of Germany; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Volume 9, ed. K.H. Wolf; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 551-642.

Krebs, W.
1981: The geology of the Meggen ore deposit; *in* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Volume 9, ed. K.H. Wolf; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 509-549.

Large, D.E.
1980: Geological parameters associated with sediment-hosted, submarine exhalative Pb-Zn deposits: an empirical model for mineral exploration; Geologisches Jahrbuch, Series D, no. 40, p. 59-129.

9.3 Gisements de barytine dans des roches sédimentaires

Dawson, K.R.
Barium, Strontium and Fluorine Deposits in Canada; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 34 (in preparation)

Rye, R.D., Shawe, D.R. and Poole, F.G.
1978: Stable isotope studies of bedded barite at East Northumberland Canyon in Toquima Range, Central Nevada; Journal of Research, U.S. Geological Survey, v. 6, p. 221-229.

Zimmerman, R.A.
1970: Sedimentary features in the Meggen barite-pyrite-sphalerite deposit and a comparison with the Arkansas barite deposits; Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Abhandlungen, v. 113, p. 179-214.

10 GISEMENTS DE CUIVRE DANS DES RED BEDS D'ORIGINE VOLCANIQUE

Harper, G.
1977: Geology of the Sustut copper deposit in B.C.: The Canadian Mining and Metallurgy Bulletin, v. 70, no. 777, p. 97-104.

Jolly, W.T.
1974: Behavior of Cu, Zn, and Ni during prehnite-pumpellyite rank metamorphism of the Keweenawan basalts, northern Michigan; Economic Geology, v. 69, p. 1118-1125.

Kirkham, R.V.
1982: Volcanic red bed copper deposits – environments of formation and distribution in accreted terranes of western North America (abstract); *in* Rocks and Ores of the Middle Ages, Programme and Abstracts; Cordilleran Section, The Geological Association of Canada, p. 14-16.

Lincoln, T.N.
1981: The redistribution of copper during low-grade metamorphism of the Karmutsen volcanics, Vancouver Island, British Columbia; Economic Geology, v. 76, no. 8, p. 2147-2161.

Ruiz, C., Aguilar, A., Egert, E., Espinosa, W., Peebles, F., Quezada, R. and Serrano, M.
1971: Strata-bound copper sulphide deposits of Chile; The Society of Mining Geologists of Japan, Special Issue 3, p. 252-260.

White, W.S.
1968: The native-copper deposits of northern Michigan; *in* Ore Deposits of the United States, 1933-1967 (Graton-Sales Volume), ed. J.D. Ridge; American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, p. 303-325.

11 GISEMENTS D'OR DANS DES FILONS ET ZONES DE CISAILLEMENT ASSOCIÉS À DES ROCHES VOLCANIQUES

Boyle, R.W.
1961: The geology, geochemistry, and origin of the gold deposits of the Yellowknife district; Geological Survey of Canada, Memoir 310, 193 p.

Byle, R.W.
1979: The geochemistry of gold and its deposits; Geological Survey of Canada, Bulletin 280, 584 p.

Franklin, J.M. and Thorpe, R.I.
1982: Comparative metallogeny of the Superior, Slave and Churchill provinces; *in* Precambrian Sulphide Deposits, H.S. Robinson Memorial Volume, ed. R.W. Hutchinson, C.D. Spence and J.M. Franklin; Geological Association of Canada, Special Paper 25, p. 3-90.

Karvinen, W.O.
1981: Geology and evolution of gold deposits, Timmins area, Ontario; *in* Genesis of Archean, Volcanic-Hosted Gold Deposits, Symposium held at the University of Waterloo, March 7, 1980, ed. E.G. Pye and R.G. Roberts; Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 97, p. 29-46.

Kerrich, R., and Fryer, B.J.
1979: Archean precious-metal hydrothermal systems, Dome mine, Abitibi greenstone belt. II. REE and isotopic relations; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 16, p. 440-458.

12 GISEMENTS MAGMATIQUES DE NICKEL, CUIVRE ET ÉLÉMENTS DU GROUPE DU PLATINE

12.1 Gisements de cuivre et de nickel associés à des roches ultramafiques

Groves, D.I., Hudson, D.R., Marston, R.J., and Ross, J.R. (editors)
1981: A special issue on nickel deposits and their host rocks in Western Australia; Economic Geology, v. 76, p. 1289-1783.

Naldrett, A.J., ed.
1979: Nickel-sulfide and platinum group element deposits: Proceedings of an international symposium, October 21-22, 1978: Canadian Mineralogist, v. 17, pt. 2, p. 141-514.

Naldrett, A.J.
1981: Nickel sulfide deposits: classification, composition and genesis; *in* Economic Geology Seventy-fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 628-685.

12.2 Gisements de nickel, cuivre, éléments du groupe du platine associés à des roches gabbroïdes

Glaskovsky, A.A., Gorbunov, G.I., and Sysoev, F.A.
1977: Deposits of nickel; *in* Ore Deposits of the U.S.S.R., Volume II, ed. V.I. Smirnov (translated into English by D.A. Brown); Pitman Publishing, London, p. 3-79.

Groves, D.I., Hudson, D.R., Marston, R.J., and Ross, J.R. (editors)
1976: An issue devoted to platinum-group elements; Economic Geology, v. 71, no. 7, p. 1129-1480.

Naldrett, A.J. (editor)
1979: Nickel-sulfide and platinum-group-element deposits: Proceedings of an international symposium, October 21-22, 1978; Canadian Mineralogist, v. 17, pt. 2, p. 141-514.

Naldrett, A.J.
1981: Nickel sulphide deposits: classification, composition and genesis; *in* Economic Geology Seventy-fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 628-685.

Pattison, E.F.
1979: The Sudbury Sublayer; Canadian Mineralogist, v. 17, p. 257-274.

Pinsent, R.H.
1980: Nickel-copper mineralization in the Lynn Lake gabbro; Manitoba Mineral Resources Division, Economic Geology Report ER79-3, 138 p.

13 GISEMENTS DE CHROMITE DANS DES ROCHES MAFIQUES ET ULTRAMAFIQUES

13.1 Gisements stratiformes

Cameron, E.N. and Desborough, G.A.
1969: Occurrence and characteristics of chromite deposits – Eastern Bushveld Complex; *in* Magmatic Ore Deposits, ed. H.D.B. Wilson, Economic Geology Monograph 4, p. 23-40.

Jackson, E.D.
1961: Primary textures and mineral associations in the Ultramafic Zone of the Stillwater Complex, Montana; United States Geological Survey Professional Paper 358, 106 p.

Irvine, T.N.
1975: Crystallization sequence in the Muskox intrusion and other layered intrusions – II. Origin of chromitite layers and similar deposits of other magmatic ores; Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 39, p. 991-1020.

Irvine, T.N.
1977: Origin of chomitite layer in the Muskox intrusion and other stratiform intrusions: A new interpretation; Geology, v. 5, p. 273-277.

13.2 Gisements en colonne

Dickey, J.S., Jr.
1975: A hypothesis of origin for podiform chromite deposits; Geochimica et Cosmochimica Acata, v. 39, p. 1061-74.

Greenbaum, D.
1977: The chromitiferous rocks of the Troodos ophiolite complex, Cyprus; Economic Geology, v. 72, p. 1175-94.

Thayer, T.P.
1964: Geologic features of podiform chromite deposits; *in* Methods of Prospection for Chromite, ed. R. Woodtli; Organization of Economic Co-Operation and Development, Paris, p. 135-146.

1964: Gravity differentiation and magmatic re-emplacement of podiform chromite deposits; *in* Magmatic Ore Deposits, ed. H.D.B. Wilson; Economic Geology Monograph 4, p. 132-146.

14 GISEMENTS DE TITANE – FER DANS DES INTRUSIONS MAFIQUES

Allard, G.O.
1976: Doré Lake Complex; Québec Ministère des Richesses Naturelles, DP-368, 446 p.

Gross, G.A.
1965: Geology of Iron Deposits in Canada: Volume I. General Geology and Evaluation of Iron Deposits; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 181 p.

1967: Geology of Iron Deposits in Canada: Volume II. Iron Deposits in the Appalachian and Grenville Regions of Canada; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 111 p.

Hammond, P.
1952: Allard Lake ilmenite deposits; Economic Geology, v. 47, p. 634-649.

Hargraves, R.B.
1962: Petrology of the Allard Lake anorthosite suite, Quebec; *in* Petrologic Studies: A Volume in Honor of A.F. Buddington, ed. A.E.J. Engel, H.L. James and B.F. Leonard; Geological Society of America, p. 163-190.

Lister, G.F.
1966: The composition and origin of selected iron-titanium deposits; Economic Geology, v. 61, p. 275-310.

Rose, E.R.
1969: Geology of titanium and titaniferous deposits of Canada; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 25, 177 p.

15 GISEMENTS D'OR ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS

Bedard, P. and Imbeau, G.
1980: Compagnie Minière Lamaque 1964 Limitée; *in* The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Geology Division CIM Gold Symposium and Field Excursion, Val d'Or-Kirkland Lake-Timmins, ed. W. Petruk; The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, p. 52-60.

Franklin, J.M. and Thorpe, R.I.
1982: Comparative metallogeny of the Superior, Slave and Churchill Provinces; *in* Precambrian Sulphide Deposits, H.S. Robinson Memorial Volume, ed. R.W. Hutchinson, C.D. Spence and J.M. Franklin; Geological Association of Canada, Special Paper 25, p.3-90.

Fyfe, W.S., and Kerrich, R.
1979: Geochemistry and field relations of lode gold deposits in felsic igneous intrusions (abstract); *in* Geoscience Research Seminar, Abstracts, ed. E.G. Pye; Ontario Geological Survey, p. 8.

Kirkham, R.V. and Thorpe, R.I.
1973: Studies of gold-copper deposits suggest red metal may be used as guide to gold; The Northern Miner, November 29, p. 55, 57.

Latulippe, M.
1980: An overview of the geology of gold prospects and developments in N.W. Quebec; *in* The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Geology Division CIM Gold Symposium and Field Excursion, Val d'Or-Kirkland Lake-Timmins, p. 1-15.

Sinclair, W.D.
1982: Gold deposits of the Matachewan area, Ontario; *in* Geology of Canadian Gold Deposits, ed. R.W. Hodder and W. Petruk; Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 24, p. 83-93.

Thomson, J.E., Charlewood, G.H., Griffin, K., Hawley, J.E., Hopkins, H., MacIntosh, C.G., Ogrizlo, S.P., Perry, O.S., and Ward. W.
1948: Geology of the Main Ore Zone at Kirkland Lake; Ontario Department of Mines, v. 57, pt. 5, p. 54-188.

16 GISEMENTS DANS DES CARBONATITES

Currie, K.L.
1976: The Alkaline Rocks of Canada; Geological Survey of Canada, Bulletin 239, 228 p.

Dawson, K.R.
1974: Niobium (Columbium) and Tantalum in Canada; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 29, 157 p.

Gold, D.P., Vallee, M., and Charlette, J.P.
1967: Economic geology and geophysics of the Oka Alkaline Complex, Quebec; Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, v. 60, no. 666, p. 1131-1144.

Heinrich, E.W.
1966: The Geology of Carbonatites; Rand McNally & Company, 555 p.

Palabora Mining Company Limited Mine Geological and Mineralogical Staff
1976: The geology and the economic deposits of copper, iron and vermiculite in the Palabora Igneous Complex: a brief review; Economic Geology, v. 71, p. 177-192.

Parker, J.G. and Baroch, C.T.
1971: The rare-earth elements, yttrium, and thorium, with a chapter on Resources by J.W. Adams; United States Bureau of Mines Information Circular 8476, 92 p.

Sandvik, P.Q. and Erdosh, G.
1977: Geology of the Cargill phosphate deposit in northern Ontario; Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, v. 69, no. 777, p. 90-96.

Vallée, M., and Dubuc, F.
1970: The St. Honoré carbonatite complex, Quebec; Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, v. 63, no. 704, p. 1384-1394.

17 GISEMENTS PORPHYRIQUES DE CUIVRE, MOLYBDÈNE, TUNGSTÈNE

Gustafson, L.B.
1978: Some major factors of porphyry copper genesis; Economic Geology, v. 73, p. 600-607.

Gustafson, L.B. and Hunt, J.P.
1975: The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile; Economic Geology, v. 70, 857-912.

Lowell, J.D. and Guilbert, J.M.
1970: Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits; Economic Geology, v. 65, p. 373-408.

McMillan, W.J. and Panteleyev, P.
1980: Ore deposit models – 1. Porphyry copper deposits; Geoscience Canada, v. 7, p. 52-63.

Sutherland Brown, A. (editor)
1976: Porphyry deposits of the Canadian Cordillera; Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 15, 510 p.

Titley, S.R., editor
1982: Advances in geology of the porphyry copper deposits – southwestern North America; The University of Arizona Press, Tuscon, Arizona, 560 p.

Titley, S.R. and Beane, R.E.
1981: Porphyry copper deposits; *in* Economic Geology Seventy-Fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 214-269.

Wallace, S.R., Muncaster, N.K., Jonson, D.C., Mackenzie, W.B., Bookstrom, A.A. and Surface, V.A.
1968: Multiple intrusion and mineralization at Climax, Colorado; *in* Ore Deposits of the United States, 1933-1967 (Graton-Sales Volume), ed. J.D. Ridge; American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, p. 605-640.

Westra, G. and Keith, S.B.
1981: Classification and genesis of stockwork molybdenum deposits; Economic Geology, v. 76, no. 4, p. 844-873.

White, W.H., Bookstrom, A.A., Kamilli, R.J., Ganster, M.W., Smith, R.P., Ranta, D.E., and Steininger, R.C.
1981: Character and origin of Climax-type molybdenum deposits; *in* Economic Geology Seventy-fifth anniversary volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 270-316.

18 GISEMENTS D'ÉTAIN DANS DES FILONS ET STOCKWEKS

Mulligan, R.
1975: Geology of Canadian tin occurrences; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report No. 28, 155 p.

Richardson, J.M.G., Spooner, E.T.C., and McAuslan, D.A.
1982: The East Kemptville tin deposit, Nova Scotia: an example of a large tonnage, low grade, greisen-hosted deposit in the endocontact zone of a granite batholith; *in* Current Research, Part B, Geological Survey of Canada, Paper 82-1B, p. 27-32.

Taylor, R.G.
1979: Geology of Tin Deposits; Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 543 p.

19 GISEMENTS DANS DES SKARNS

19.1 Gisements de tungstène dans des skarns

Dawson, K.M. and Dick, L.A.
1978: Regional metallogeny of the Northern Cordillera: Tungsten and base metal-bearing skarns in southeastern Yukon and southwestern Mackenzie; *in* Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 78-1A, p. 287-292.

Dick, L.A. and Hodgson, C.J.
1982: The MacTung W-Cu(Zn) contact metasomatic and related deposits of the Northeastern Canadian Cordillera; Economic Geology, v. 77, p. 845-867.

Einaudi, M.T., Meinert, L.D., and Newberry, R.J.
1981: Skarn deposits; *in* Economic Geology Seventy-fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 317-391.

John, Y.W.
1963: Geology and origin of Sangdong tungsten mine, Republic of Korea; Economic Geology, v. 58, p. 1285-1300.

Little, H.W.
1959: Tungsten deposits of Canada; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 17, p. 104-114.

Newberry, R.J.
1982: Tungsten-bearing skarns of the Sierra Nevada. I. The Pine Creek Mine, California; Economic Geology, v. 77, p. 823-844.

19.2 Gisements de zinc, plomb et argent dans des skarns

Dawson, K.M. and Dick, L.A.
1978: Regional Metallogeny of the Northern Cordillera: Tungsten and base metal-bearing skarns in southeastern Yukon and southwestern Mackenzie; *in* Current Reserch, Part A, Geological Survey of Canada Paper 78-1A, p. 287-292.

Dick, L.A.
1980: A comparative study of the geology, mineralogy, and conditions of formation of contact metasomatic mineral deposits in the NE Canadian Cordillera; Ph.D. thesis, Queen's University, Kingston, 473 p.

Einaudi, M.T., Meinert, L.D., and Newberry, R.J.
1981: Skarn deposits; *in* Economic Geology, Seventy-fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 317-391.

Yun, S. and Einaudi, M.T.
1982: Zinc-lead skarns of the Yeonhwa-Ulchin District, South Korea; Economic Geology, v. 77, p. 1013-1032.

19.3 Gisements de fer dans des skarns

Einaudi, M.T., Minert, L.D., and Newberry, R.J.
1981: Skarn deposits; *in* Economic Geology Seventy-fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 317-391.

Eugster, H.P. and Chou, I-M.
1979: A model for the deposition of Cornwall-type magnetite deposits; Economic Geology, v. 74, p. 763-774.

Gross, G.A.
1965: Geology of Iron Deposits in Canada. Volume I. General Geology and Evaluation of Iron Deposits; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 181 p.

1967: Geology of Iron Deposits in Canada. Volume II. Iron Deposits in the Appalachian and Grenville Regions of Canada; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 22, 111 p.

Morrison, G.W.
1980: Stratigraphic control of Cu-Fe skarn ore distribution and genesis at Craigmont, British Columbia; Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin, v. 73, no. 820, p. 109-123.

Rose, A.W.
1972: Favourability for Cornwall-type magnetite deposits in Pennsylvania using geological, geochemical and geophysical data in a discriminant function; Journal of Geochemical Exploration. v. I, p. 181-194.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs
1970: Survey of World Iron Ore Resources; United Nations Publication, 479 p.

19.4 Gisements de cuivre dans des skarns

Allcock, J.B.
1982: Skarn and porphyry copper mineralization at Mines Gaspé, Murdochville, Quebec; Economic Geology, v. 77, p. 971-999.

Atkinson, W.W. and Einaudi, M.T.
1978: Skarn formation and mineralization in the contact aureole at Carr Fork, Bingham, Utah; Economic Geology, v. 73, p. 1326-1365.

Einaudi, M.T.
1982: General features and origin of skarns associated with porphyry copper plutons: Southwestern North America; *in* Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits – Southwestern North America, ed. S.R. Titley, P. 185-210.

Einaudi, M.T. and Burt, D.M.
1982: Introduction – terminology, classification, and composition of skarn deposits. A special issue devoted to skarn deposits; Economic Geology, v. 77, no. 4, p. 745-754.

Einaudi, M.T., Meinert, L.D., and Newberry, R.J.
1981: Skarn deposits; *in* Economic Geology Seventy-fifth Anniversary Volume, 1905-1980, ed. B.J. Skinner; Economic Geology Publishing Co., p. 317-391.

Morrison, G.W.
1980: Stratigraphic control of Cu-Fe skarn ore distribution and genesis at Craigmont, British Columbia; Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin, v. 73, no. 820, p. 109-123.

Shimazaki, H.
1980: Characteristics of skarn deposits and related acid magmatism in Japan; Economic Geology, v. 75, p. 173-183.

20 GNEISS ALCALINS CONTENANT DE LA NÉPHÉLINE ET DU CORINDON

Allen, J.B. and Charsley, T.J.
1968: Nepheline syenite and phonolite; Institute of Geological Sciences, Mineral Resources Division, London, 169 p.

Currie, K.L.
1975: The alkaline rocks of Canada; Geological Survey of Canada, Bulletin 239, 228 p.

Hewitt, D.F.
1961: Nepheline syenite deposits of southern Ontario; Ontario Department of Mines Annual Report, v. 69, part 8, 194 p.

Sørenson, H., editor
1974: The alkaline rocks; John Wiley and Sons, New York, 622 p.

21 GISEMENTS D'URANIUM ASSOCIÉS À DES DISCORDANCES

Economic Geology
1978: Special Issue Devoted to the Geology and Geochemistry of Uranium; v. 73, no. 8, p. 1401-1748.

Hoeve, J. and Sibbald, T.I.I.
1978: Mineralogy and geological settings of unconformity-type uranium deposits in northern Saskatchewan; *in* Uranium Deposits, Their Mineralogy and Origin, Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook, Volume 3, ed. M.M. Kimberly; University of Toronto Press, Toronto, p. 457-474.

Tremblay, L.P.
1979: Comparaison de la géologie des gîtes d'uranium des types Beaverlodge et Discordance du nord de la Saskatchewan; Université du Québec à Chicoutimi, Colloque sur la Prospective minérale du Québec, p. 191-196.

1982: Geology of the uranium deposits related to the sub-Athabasca Unconformity, Saskatchewan; Geological Survey of Canada, Paper 81-20, 56 p.

22 GISEMENTS D'ARGENT ET D'URANIUM ASSOCIÉES À DES FILONS D'ARSÉNIURES

Mursky, G.
1973: Geology of the Port Radium Map-Area District of Mackenzie; Geological Survey of Canada, Memoir 374, 40 p.

Petruk, W. and Jambor, J.L. (compilers and principal authors)
1971: The silver-arsenide deposits of the Cobalt-Gowganda region, Ontario; The Canadian Mineralogist, v. 11, part 1, 429 p.

Robinson, B.W. and Ohmoto, H.
1973: Mineralogy, fluid inclusions, and stable isotopes of the Echo Bay U-Ni-Ag-Cu deposits, Northwest Territories, Canada; Economic Geology, v. 68, p. 635-656.

Withers, R.L.
1979: Mineral deposits of the Northrim Mine and a brief inquiry into the genesis of veins of the Ag, Bi, Ni, Co, As type; M.Sc. thesis, University of Alberta.

23 GISEMENTS D'URANIUM DANS DES FILONS

Beck, L.S.
1969: Uranium deposits of the Athabasca Region, Saskatchewan; Saskatchewan Department of Mineral Resources, Report 126, 139 p.

Lang, A.H., Griffith, J.W. and Steacy, H.R.
1962: Canadian deposits of Uranium and Thorium; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 16 (second edition), 324 p.

Ruzicka, V.
1971: Geological comparison between East European and Canadian uranium deposits; Geological Survey of Canada, Paper 70-48, 196 p.

Tremblay, L.P.
1972: Geology of the Beaverlodge mining area, Saskatchewan; Geological Survey of Canada, Memoir 367, 265 p.

1978: Geologic setting of the Beaverlodge-type of vein-uranium deposits and its comparison to that of the unconformity-type; *in* Uranium Deposits, Their Mineralogy and Origin, Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook, Volume 3, ed. M.M. Kimberly; University of Toronto Press, Toronto, p. 431-456.

24 GISEMENTS DE CUIVRE DANS DES FILONS

Carr, J.M.
1971: Geology of the Churchill copper deposit; The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, v. 64, p. 50-54.

Duquette, G.
1970: Archean stratigraphy and ore relationships in the Chibougamau district; Quebec Department of Natural Resources, Special Paper 8, 16 p.

Hammer, D.F. and Peterson, D.W.
1968: Geology of the Magma mine area, Arizona; *in* Ore deposits of the United States, 1933-1967 (Graton-Sales Volume), ed. J.D. Ridge; American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, p. 1282-1310.

25 FILONS D'ARGENT – PLOMB – ZINC ASSOCIÉS À DES INTRUSIONS FELSIQUES

Boyle, R.W.
1965: Geology, geochemistry, and origin of the lead-zinc-silver deposits of the Keno Hill-Galena Hill area, Yukon Territory; Geological Survey of Canada, Bulletin 111, 302 p.

Fyles, J.T.
1967: Geology of the Ainsworth-Kaslo area, British Columbia; British Columbia Department of Mines and Petroleum Resources, Bulletin 53, 125 p.

Little, H.W.
1960: Nelson map-area, west half, British Columbia; Geological Survey of Canada, Memoir 308, 305 p.

26 GISEMENTS D'AMIANTE DANS DES ROCHES ULTRAMAFIQUES

Anhaeusser, C.R.
1976: The nature of chrysotile asbestos occurrences in southern Africa: A review; Economic Geology, v. 71, p. 96-116.

Laurent, R. and Hébert, Y.
1979: Paragenesis of serpentine assemblages in harzburgite and dunite cumulate from the Quebec Appalachians; Canadian Mineralogist, v. 17, p. 857-869.

Riordan, P.H.
1975: Geology of asbestos deposits of southeastern Quebec; Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Étude Speciale 18.

Riordan, P.H.
1981: Geology of asbestos deposits; Society of Mining Engineers, American Institute of Mining Engineers, Littleton, Colorado, 118 p.

ANNEXE 1

SITUATION DES GÎTES MINÉRAUX CANADIENS MENTIONNÉS DANS LA SECTION "RÉSUMÉS"

Désignation	Prov.	SNRC	Lat.	Long.	Type de gisement
Adanac	C.B.	104 N 11	59°45′	133°25′	17.c
Mine Advocate	T.-N.	12 H 1	50°00′	56°10′	26
Afton	C.B.	92 I 10	50°40′	120°30′	17.b
District d'Ainsworth	C.B.	82 F 14,15	49°45′	117°00′	25
Formation d'Albert	N.B.	Sud du Nouveau-Brunswick			1.b
Alice Arm	C.B.	103 P 6	55°25′	129°25′	17.c
Asbestos Hill	Qué.	35 H 13	61°50′	74°00′	26
Basin de l'Athabasca	Sask.	Nord de la Saskatchewan			4.b
Atikokan	Ont.	52 B 14	48°45′	91°25′	3
Mine Barnat	Qué.	32 D 1	48°10′	78°05′	15.b
Secteur de Beaverlodge	Sask.	74 N 7,8 9,10	59°30′	108°30′	23
Mines Bell-King-Beaver	Qué.	21 L 3	46°05′	71°20′	26
Belmoral	Qué.	32 C 4	48°10′	77°40′	15.a
Betts Cove	T.-N.	2 E 13	49°50′	55°50′	9.1.a
Big Trout Lake	Ont.	53 H 12	53°40′	89°30′	13.1
Bigwood	Ont.	41 I 2 H 15	46°00′	80°40′	20.a
Mine Birchtree	Man.	63 P 12	55°40′	97°55′	12.1.b
Filon-couche de Bird River	Man.	52 L 15,16	95°30′	50°30′	13.1
Black Lake	Qué.	21 L 3	46°00′	71°20′	26
Gisement de Blizzard	C.B.	82 E 10	49°40′	118°55′	6.4
Blue Mountain	Ont.	31 C 12	44°40′	77°55′	20.a
Mine Bluff Head	T.-N.	12 B 15	48°45′	58°35′	13.2
Bralorne	C.B.	92 J 15	50°45′	122°50′	11
Brenda	C.B.	92 H 16	49°55′	120°00′	17.a
Mine British Canadian	Qué.	21 L 3	46°00′	71°20′	26
Secteur de Bruce Mines	Ont.	41 J 15	46°20′	83°45′	24
Brunswick No. 12	N.B.	21 P 5	47°30′	65°55′	9.1.b
Buchans	T.-N.	12 A 15	48°50′	56°50′	9.1.b
Mine Burgess	Ont.	31 F 5	45°15′	77°40′	20.b
Mine Camflo	Qué.	32 D 1	48°10′	78°00′	15.a
Mine Campbell Red Lake	Ont.	52 N 4	51°05′	93°45′	11
Cantung	T.-N.	105 H 16	61°55′	128°15′	19.1
Gisement de Cargill Twp.	Ont.	42 G 8	49°20′	82°50′	16.a
District de Cariboo	C.B.	93 A 13,14 H 3,4	53°00′	121°30′	5.2
Mine Caribou	Qué.	21 L 3	46°00′	71°20′	13.2
Carolin	C.B.	92 H 11	49°30′	121°20′	11
Mine Cassiar Asbestos	C.B.	104 P 5	59°20′	129°50′	26
Batholithe de Cassiar	T.Y.	105 B 104 O	60°00′	131°00′	19.2
Gisement de Cathy	T.Y.	105 O 7	63°15′	130°35′	9.3
Secteur de Chaudière	Qué.	21 D 15 E 12	46°10′	70°40′	5.2
District de Chibougamau	Qué.	32 G 16	49°00′	74°30′	24
Chrome Lake-Puddy Lake	Ont.	52 H 13	50°00′	89°30′	13.1
Mine Chromeraine (Reed-Bélanger)	Qué.	21 L 3	46°00′	71°20′	13.2
Secteur de Churchill	C.B.	94 K	58°30′	125°30′	24
Mine cirque	C.B.	104 N 14	59°46′	133°15′	9.2
Mine Clinton Creek	T.Y.	116 C 7	64°25′	140°45′	26
Corps minéralisé "D" de Cluff Lake	Sask.	74 K 5	58°20′	109°30′	21
Mine Coast Copper	C.B.	92 L 6	50°25′	127°15′	19.4
District de Cobalt	Ont.	31 M 5	47°25′	79°40′	22
Mine Con	T.N.-O.	85 J 8	62°25′	114°20′	11
Contwoyto Lake	T.N.-O.	76 E 14	65°45′	111°15′	7.b
Copper Mountain	C.B.	92 H 7	49°20′	120°35′	17.b
Secteur de Coppermine River	T.N.-O.	86 N,O	67°30′	114°00′	10
Mine Craigmont	C.B.	92 I 2	50°10′	120°55′	19.4

Remarque : on a arrondi les valeurs de la latitude et de la longitude à la valeur la plus proche de 00′ au 05′ – Dans le cas de lieux moins précis (p. ex., région de Beaverlodge, batholite de Cassiar, on indique approximativement le centre.

Désignation	Prov.	SNRC	Lat.	Long.	Type de gisement
Mine Craigmont	Ont.	31 F 5	45°20′	77°35′	20.b
Gabbro de Crystal Lake	Ont.	52 A 4	48°05′	89°40′	13.1
Carrière de Davis Hill	Ont.	31 F 4	45°05′	77°45′	20.a
Detour Lake	Ont.	32 L 4	50°00′	79°40′	7.d.
Mine Dome	Ont.	42 A 6	48°30′	81°15′	11
Dorchester	N.-B.	21 H 16	45°55′	64°45′	6.3.b
Gisement de Doyon-Silver Stark	Qué.	32 D 7	48°15′	78°30′	7.c
Gisement de Dumagami	Qué.	32 D 8	48°15′	78°25′	7.c
Mine Eagle Gold	Qué.	32 D 9	48°40′	78°25′	12.1.b
Filon couche de Dumont	Qué.	32 E 8	49°30′	78°20′	7.c
East Kemptville	N.É.	21 A 4	44°05′	65°40′	18
Mine Echo Bay	T.N.-O.	86 K 4	60°05′	118°00′	22
Elliot Lake	Ont.	41 J 7	46°25′	82°40′	5.1.a
Elsa	T.Y.	105 M 14	63°55′	135°30′	25
Endako	C.B.	93 K 3	54°05′	125°05′	17.c
Faro	T.Y.	105 K 6	62°21′	133°20′	9.2
Mine Fay-Verna	Sask.	74 N 9	59°35′	108°30′	23
Synclinorium de Fernie	Alta/	82 G,J	Sud de l'Alta./C.B.		4.a
Mine Flin Flon	Man.-Sask.	63 K 13	54°45′	101°55′	9.1.a
Mine French	Qué./Lab.	23 J 15	54°50′	66°55′	3
Frenchman's Cap	C.B.	82 M 8	51°20′	118°30′	20.a
District de Galena Hill	T.Y.	105 M 14	63°55′	135°25′	25
Galore Creek	C.B.	104 G 3,4	57°05′	131°30′	17.b
Mine Gaspé Copper	Qué.	22 A 13	49°00′	65°30′	19.4
George Lake	Sask.	64 E 5	57°30′	103°45′	6.2
District de Géraldton	Ont.	42 E	49°45′	87°00′	7.a
Giant Mascot	C.B.	92 H 5	49°30′	121°30′	12.2.c
Mine Giant Yellowknife	T.N.-O.	85 J 8	62°30′	114°20′	11
Granisle	C.B.	93 L 16	54°55′	126°10′	17.a
District de Great Bear Lake	T.N.-O.	86 E 13 L 1	66°00′	118°00′	22
Great Lakes Nickel	Ont.	52 A 4	44°05′	89°35′	12.2.a
Mine Griffith	Ont.	52 K 14	50°50′	93°25′	2.3
Mine Gunnar	Sask.	74 N 7	59°25′	108°50′	23
Gypsumville	Man.	65 O 15	51°45′	98°35′	1.a
Zone de Haliburton-Bancroft Renfrew	Ont.	31 C,D,E,F,	Est de l'Ontario		20.a
Hector-Calumet	T.Y.	105 M 14	63°55′	135°25′	25
Mine Helen	Ont.	42 C 2	48°00′	84°45′	2.3
Highland Bell	C.B.	82 E 6	49°25′	119°05′	25
Highland Valley	C.B.	92 I	50°30′	121°00′	17.a
Mine Hollinger	Ont.	42 A 6	48°30′	81°20′	15.a
Mine Horne	Qué.	32 D 6	48°15′	79°00′	9.1.a
Howards Pass	T.Y.	105 I 6	62°30′	129°10′	9.2
Mine Howey-Hasaga	Ont.	52 N 4	51°00′	93°50′	15.c
Gisement HPH	C.B.	92 L 12	50°40′	127°50′	19.2
Secteur d'Icon	Qué.	32 I 4	50°15′	73°50′	24
Mine Ingerbelle	C.B.	92 H 7	49°20′	120°35′	19.4
Island Copper	C.B.	92 L 11	50°40′	127°30′	17.a
Mine Ivry	Qué.	31 J 1	46°05′	74°20′	14.a
Gisement de Jason	T.Y.	105 O 1	63°10′	130°15′	9.2
Mine Jeffrey	Qué.	21 E 13	45°45′	71°44′	26
District de Keno Hill	T.Y.	105 M 14	63°55′	135°15′	25
Mine Kerr Addison	Ont.	32 D 4	48°10′	79°35′	11
Key Lake	Sask.	74 H 4	57°10′	105°40′	21
Mine Kidd Creek	Ont.	42 A 11	48°40′	81°20′	9.1.a
Secteur de Kirkland Lake	Ont.	42 A 1 32 D 4	48°00′	80°00′	15.b
Secteur du Klondike	T.Y.	115 O 15 116 B 2,3	63°45′	139°00′	5.2
Knob Lake	Qué./Lab.	23 J 15	54°45′	66°20′	2.2
Lac Allard	Qué.	12 L 5,11	50°30′	63°30′	14.a
Complexe du lac Doré	Qué.	32 G 16	49°55′	74°10′	14.b
Lac des Isles	Ont.	52 H 4	49°10′	89°35′	12.2.b
Lac des Montagnes	Qué.	32 O 12	51°40′	75°55′	13.1

Désignation	Prov.	SNRC	Lat.	Long.	Type de gisement
Lackner Lake	Ont.	41 O 14	47°50′	83°15′	16.a
Lake Harbour	T.N.-O.	25 N 4	63°10′	69°40′	20.a
Lake St. Joseph	Ont.	52 O 1	51°00′	90°30′	2.3
Mine Lamaque	Qué.	32 C 4	48°05′	77°45′	15.a
Mine Langmuir	Ont.	42 A 6	48°20′	81°00′	12.1.a
Logtung	T.Y.	105 B 4	60°00′	131°35′	17.c
Lucky Jim	C.B.	82 K 3	50°00′	117°10′	25
Mine Lupin	T.N.-O.	76 E 14	65°45′	111°15′	7.b
Lynn Lake	Man.	64 C 14	56°50′	101°05′	12.2.c
Mactung	T.Y.	105 O 8	63°15′	130°10′	19.1
Mine Madeline	Qué.	22 G 1	49°00′	60°00′	19.4
Magpie Mountain	Qué.	22 P 8	51°25′	64°05′	14.b
Mamainse Point	Ont.	41 N 2	47°05′	84°45′	10
Mine Manibridge	Man.	63 J 10	54°40′	98°50′	12.1.b
Mine Marbridge	Qué.	32 D 8	48°20′	78°10′	12.1.a
Marmora	Ont.	31 C 5	44°30′	77°40′	19.3.b
Martison Lake	Ont.	42 J 6	50°25′	83°10′	16.a
Mine McIntrye	Ont.	Voyez "mine Pamour Schumacher"			
Meat Cove	N.É.	11 N 2 K 15	47°00′	60°35′	19.2
Groupe de Méguma	N.É.	11 D,E,F	Nord-est de la N.E.		8.2
Mine Millenbach	Qué.	32 D 6	48°20′	79°05′	9.1.a
Montauban	Qué.	31 I 16	46°50′	72°20′	7.c
Gisement de Monteagle	Ont.	31 F 4	45°10′	77°50′	20.a
Mine Montréal	Qué.	21 E 14	46°00′	71°15′	13.2
Batholithe de Mount Billings	T.Y.	105 A,B,G,H	61°00′	129°00′	19.2
Mount Copeland	C.B.	82 M 1	51°10′	118°30′	20.c
Mount Pleasant	N.B.	21 G 7	45°25′	66°50′	17.c
Mount Pleasant	N.B.	21 G 7	45°25′	66°50′	18
Mount Wright	Qué./Lab.	23 B 11,14	52°45′	67°10′	2.2
Mountain Lake	T.N.-O.	86 N 7	67°20′	116°55′	6.4
Mine Munro	Ont.	42 A 9	48°35′	80°15′	26
Intrusion de Muskox	T.N.-O.	86 J 11,14 O 13	67°00′	115°10′	13.1
Nemegosenda Lake	Ont.	42 B 3	48°00′	83°05′	16.a
District de New Denver	C.B.	82 F 14 K 3	50°00′	117°15′	25
Newboro Lake	Ont.	31 C 9	44°40′	76°20′	14.b
Newfoundland Zinc	T.-N.	12 I 6	50°20′	57°30′	6.1
Oka	Qué.	31 G 8,9	45°30′	74°00′	16.a
District d'Opemiska	Qué.	32 G 15	49°45′	74°50′	24
Gisement d'Oro	T.Y.	105 I 12	62°40′	129°50′	9.3
Formation d'Otto Fiord	T.N.-O.	Terre d'Ellesmere et îles Sverdrup			1.a
Padlei	T.N.-O.	65 H 15	61°55′	96°30′	5.1.a
Mine Pamour No. 1	Ont.	42 A 6	48°30′	81°10′	11
Mine Pamour Schumacher	Ont.	42 A 6	48°30′	81°15′	15.a
Peace River (Quarrites rubanés ferrifères de Clear Hills	Alta.	84 D 11	56°30′	119°00′	2.1
Mine Phoenix	C.B.	82 E 2	49°05′	118°35′	19.4
District de Pickle Crow	Ont.	86 O 5	67°20′	115°50′	7.a
Pine Point	T.N.-O.	85 B 16	60°50′	114°25′	6.1
Mine Pipe	Man.	63 O 8	55°30′	98°10′	12.1.b
Mine Polaris	T.N.-O.	68 H 8	75°25′	96°55′	6.1
Formation de Prairie	Sask.	Sud de la Saskatchewan			1.a
Mine Princess Sodalite	Ont.	31 F 4	45°05′	77°50′	20.a
Puddy Lake – Chrome Lake	Ont.	52 H 13	50°00′	89°30′	13.1
Rabbit Lake	Sask.	64 L 4	58°10′	103°45′	21
Secteur de Rapid Creek – Big Fish River	T.Y.	117 A	Nord du Yukon		4.a
Mine Rayrock	T.N.-O.	85 N 7	63°25′	116°30′	23
Redstone	T.N.-O.	95 L 10	62°40′	126°35′	6.3.a
Mine Reed-Belanger (Chromeraine)	Qué.	21 L 3	46°00′	71°20′	13.2
Mine Ruth	Qué./Lab.	23 J 15	54°50′	66°50′	3
Saint Charles	Qué.	22 D 11	48°30′	71°30′	14.b
Sakami Lake	Qué.	33 F 2	53°10′	76°55′	5.1.a

Désignation	Prov.	SNRC	Lat.	Long.	Type de gisement
Formation de Salina	Ont.	40 J	Sud-ouest de l'Ontario		1.a
District de Salmo	C.B.	82 F 3,6	49°15′	117°15′	19.1
Mine San Antonio	Man.	52 M 4	51°00′	95°40′	15.c
Scottie Creek	C.B.	92 I 14	51°00′	121°25′	13.2
Shebandowan	Ont.	52 B 9	48°35′	90°15′	12.1.c
Mine Sherman	Ont.	31 M 4	47°05′	79°50′	2.3
District de Slocan	C.B.	82 F 11,14	49°45′	117°25′	25
St. Honoré	Qué.	22 D 11	48°30′	71°10′	16.a
St. Stephen	N.B.	21 G 3	45°15′	67°20′	12.2.c
St. Urbain	Qué.	21 M 8	47°30′	70°35′	14.a
Mine Sterrett	Qué.	31 H 9	45°40′	72°00′	13.2
Sudbury	Ont.	41 I 6	46°30′	81°15′	12.2.a
Mine Sullivan	C.B.	82 F 9	49°40′	116°00′	9.2
Sulphur Creek	C.B.	94 N 4	59°05′	125°40′	9.3
Gisement de Sustut	C.B.	94 D 10	56°35°	126°40′	10
Tasu	C.B.	103 C 9,16	52°45′	132°00′	19.3.a
Gisement de Tea	T.Y.	105 O 2	63°00′	130°35′	9.3
Mine Terra	T.N.-O.	86 E 9	65°35′	118°05′	22
Texada Island	C.B.	92 F 9,10	49°40′	124°30′	19.3
Mines de Thetford	Qué.	21 L 3	46°05′	71°20′	26
Mine de Timmins	Qué./Lab.	23 J/14	54°55′	67°05′	3
Gisement de Tom	T.Y.	105 O 1	63°10′	130°10′	9.2
Trident Mountain	C.B.	82 M 16	51°55′	118°10′	20.a
Gisements d'Ungava	Qué.	35 H 11,12	61°40′	73°30′	12.1.c
Mine Wabana	T.-N.	1 N 10	47°40′	53°00′	2.1
Wabush Lake	Qué./Lab.	23 G 2	53°00′	67°00′	2.2
Walton	N.É.	21 H 1	45°10′	64°00′	9.2
Mines Western	C.B.	92 F 12	49°35′	125°35′	9.1.b
White River	T.Y.	115 F 15	61°45′	140°45′	10
Mine Whitehorse Copper	T.Y.	105 D 11	60°40′	135°05′	19.4
Mine Wilmar	Ont.	52 N 4	51°00′	93°45′	15.a
Windermere	C.B.	82 J 5	50°25′	115°55′	1.a
Groupe de Windsor	N.É.		Centre de la Nouvelle-Écosse		1.a
Woodstock	N.B.	21 J 4	46°10′	67°40′	2.3
Yava	N.É.	11 F 15.16	45°50′	60°25′	6.2
Supergroupe de Yellowknife	T.N.-O.	Provinces des Esclaves, centre des T.N.-O.			8.2
York Harbour	T.-N.	12 G 1	49°00′	58°20′	9.1.a
Mine Young-Davidson	Ont.	41 P 15	47°55′	80°40′	15.b
Gisement de Zip	C.B.	92 L 7	50°20′	126°55′	19.2